

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
31 de Octubre de 2002 (31.10.2002)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 02/087104 A2

(51) Clasificación Internacional de Patentes⁷: **H04B 3/54**

(21) Número de la solicitud internacional: PCT/ES02/00187

(22) Fecha de presentación internacional:
17 de Abril de 2002 (17.04.2002)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200100916 19 de Abril de 2001 (19.04.2001) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo
US): **DISEÑO DE SISTEMAS EN SILICIO, S.A.**
[ES/ES]; Parque Tecnológico, Charles Robert Darwing,
2, E-46980 PaternaValencia) (ES).

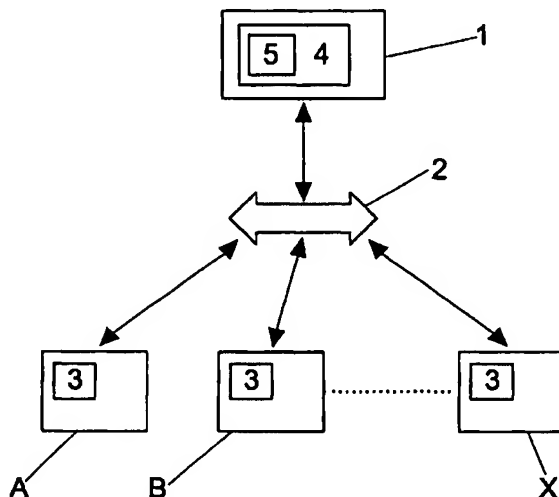
(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente): **RIVEIRO
INSUA, Juan, Carlos** [ES/ES]; Bcata Genoveva Torres, 30
Esc. B -10º Puerta 43, E-46019 Valencia (ES). **GÓMEZ
MARTÍNEZ, Feliciano** [ES/ES]; Quart, 53 - Puerta 7º,
E-46001 Valencia (ES). **RUIZ LÓPEZ, David** [ES/ES];
Cuenca, 27 - Puerta 4º, E-46007 Valencia (ES). **FOUREN,
Nils, Hakan** [SE/ES]; Zaragoza, 28, E-08006 Barcelona
(ES). **TORRES CANTÓN, Luis, Manuel** [ES/ES]; Avda.
San José Artesano, 16 - Puerota 5a, E-46025 Valencia (ES).
JIMÉNEZ MARQUINA, Francisco, Javier [ES/ES];
Luis Casanova, 22 - 4º Puerta 16, E-46009 Valencia (ES).
PARDO VIDAL, Carlos [ES/ES]; Avda. Alfahuir, 39,
Bloque 3-2º Puerta 6, E-46019 Valencia (ES). **BLASCO
CLARET, Jorge, Vicente** [ES/ES]; Guardia Civil, 23 - 2º
Puerta 28, E-46020 Valencia (ES).

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: METHOD FOR MULTIPLE ACCESS AND TRANSMISSION IN A POINT-TO-MULTIPOINT SYSTEM ON AN
ELECTRICAL NETWORK

(54) Título: PROCEDIMIENTO DE ACCESO Y TRANSMISION MULTIPLES EN UN SISTEMA PUNTO A MULTIPUNTO
SOBRE RED ELECTRICA



(57) Abstract: The invention relates to a plurality of user equipment (A, B, ..X) and to a piece of headend equipment (1) which are connected via the electrical network (2) by means of an ascending channel and a descending channel. The inventive method essentially offers the following: access to multiple pieces of user equipment (A, B, ..X) via the ascending channel and the sending of multiple information frames sent by the headend equipment (1) via the descending channel, in a simultaneous manner using OFDMA/TDMA/CDMA multiplexing; a criterion that is used to dynamically assign each carrier in such a way as to maximise the transmission capacity of both the ascending channel and the descending channel; a quality of service that can be adapted according to the type of information and the user requesting the transmission; and a dynamic allocation of the bandwidth by means of a calculation and the constant monitoring of the signal/noise ratios.

[Continúa en la página siguiente]

WO 02/087104 A2



(74) **Mandatario:** UNGRIA LOPEZ, Javier; Avda, Ramón y Cajal, 78, E-28043 Madrid (ES).

GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), patente OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(81) **Estados designados (nacional):** AE, AU, BR, CA, CN, HU, ID, IL, IN, JP, KP, KR, MA, MX, NZ, PH, PL, RO, SG, US, VN, YU, ZA.

Publicada:

— *sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe*

(84) **Estados designados (regional):** patente ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), patente euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), patente europea (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR,

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

(57) **Resumen:** Se aplica a una pluralidad de equipos de usuario (A, B, ..X) y a un equipo de cabecera (1) comunicados a través de la red eléctrica (2) mediante un canal ascendente y un canal descendente. El procedimiento presenta esencialmente: un acceso de múltiples equipos de usuario (A, B, ..X) por el canal ascendente y el envío de múltiples tramas de información enviadas por el equipo de cabecera (1) por el canal descendente, de forma simultánea mediante multiplexaciones OFDMA/TDMA/CDMA; un criterio para asignar dinámicamente cada portadora de manera que se maximiza la capacidad de transmisión tanto en el canal ascendente como en el descendente; una calidad de servicio ajustable según el tipo de información y el usuario que requiera la transmisión; y una asignación dinámica del ancho de banda mediante el cálculo y la monitorización constante de las relaciones señal/ruido.

- 1 -

PROCEDIMIENTO DE ACCESO Y TRANSMISIÓN MÚLTIPLES EN UN SISTEMA PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA.

OBJETO DE LA INVENCION

5 La presente invención, tal y como se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a un procedimiento de acceso múltiple y múltiple transmisión de datos para un sistema multiusuario de transmisión digital de datos punto a multipunto sobre red eléctrica.

10 En este procedimiento se especifican los métodos elegidos para el control del acceso a la red eléctrica como medio de transmisión para los enlaces o canales descendente (desde un equipo de cabecera a unos equipos de usuario) y ascendente (desde los equipos de usuario al equipo de

15 cabecera). El procedimiento de la presente invención se ha diseñado específicamente para un sistema como el descrito en la patente de invención con número de solicitud P-200003024, enunciada como "sistema y procedimiento de transmisión digital de datos punto a multipunto sobre red eléctrica"; no obstante, no se descarta su aplicación a

20 otros sistemas o estructuras que permitan su aplicación.

 La finalidad principal del presente procedimiento consiste en maximizar la capacidad de transmisión, o lo que es lo mismo, el ancho de banda que puede extraer

25 cada usuario, en una red de distribución de electricidad.

 El campo técnico de la invención se encuadra en el sector de las telecomunicaciones, y más concretamente en la comunicación bidireccional entre una cabecera y una pluralidad de usuarios empleando como medio de transmisión la red eléctrica.

30

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

 En el estado de la técnica es conocido el empleo de la red eléctrica como medio de transmisión, pero debido a las bajas prestaciones que ésta presenta para

35 realizar dicha transmisión, su empleo se ve reducido a la

- 2 -

comunicación entre dos puntos, y además se realiza a una velocidad muy baja.

5 Ello se debe entre otras razones a que en la red eléctrica se produce la conexión y desconexión de aparatos, lo que genera picos de tensión y variaciones de impedancia en la línea, provocando importantes pérdidas de señal que varían en función de la frecuencia y del tiempo.

10 Además en el caso de que se deseara establecer una comunicación entre una cabecera y una pluralidad de usuarios, surgen inconvenientes debido a que existen múltiples cambios de impedancia a las diferentes frecuencias, y a que se producen reflexiones que provocan que la señal recibida sea combinación de la señal transmitida y una serie de ecos que circulan por la red eléctrica con distinta atenuación y retardo en la señal recibida por cada uno de los usuarios.

15 Además, la atenuación, el ruido y la respuesta del canal varían dinámicamente tanto en frecuencia como en tiempo.

20 Todos estos inconvenientes impedían el empleo de la red eléctrica para la comunicación punto multipunto full-duplex a alta velocidad hasta la aparición de la patente P-200003024 referida en el anterior apartado, y que proporciona un sistema en el que hay una pluralidad de equipos de usuario y un equipo de cabecera comunicados bidireccionalmente a través de la red eléctrica, siendo un canal ascendente el que va desde los equipos de usuario hasta el equipo de cabecera y un canal descendente el que va desde el equipo de cabecera hasta los equipos de usuario, e incluyendo cada uno de estos equipos un controlador de acceso al medio (MAC) que maximiza la cantidad de información que los equipos de usuario pueden transmitir y minimiza el tiempo de latencia de estos equipos de usuario; efectuándose la división de la red eléctrica para los canales ascendente y descendente mediante duplexación por

25

30

35

- 3 -

división en frecuencia y/o mediante duplexación por división en tiempo; y presentando tanto el equipo de cabecera como los equipos de usuario medios para adaptar la correspondiente transmisión digital a la red eléctrica.

5 El sistema proporcionado por la referida patente P-200003024 resuelve adecuadamente los inconvenientes aludidos anteriormente, siendo no obstante susceptible de incorporar diversos procedimientos, entre los que se encuentra el procedimiento que se describirá en la
10 presente memoria.

Por otro lado, cabe señalar que en el estado de la técnica es conocido el empleo de otras vías de comunicación para envío de datos, como es el caso del uso de los pares trenzados utilizados en telefonía para
15 establecer comunicación punto a punto o comunicación punto-multipunto.

En ese sentido cabe citar la patente USA nº 5.673.290 en la que se describe un método de transmisión punto a punto que comprende una comunicación a través de un canal descendente, determinado por el enlace desde una
20 cabecera con una pluralidad de diferentes usuarios, y una comunicación de un canal ascendente, determinado por el enlace desde los usuarios hasta la cabecera, llevándose a cabo las correspondientes comunicaciones mediante un esquema de transmisión digital multitono discreto (DMT),
25 contemplando la codificación de los datos digitales y la modulación de los datos codificados sobre la señal multitono discreta.

Además, la línea de comunicación es supervisada para determinar al menos un parámetro de calidad de
30 línea, incluyendo niveles de ruido en cada uno, y comprendiendo una multiplicidad de subcanales que corresponden cada uno de ellos a un tono subportadora asociada. El esquema de modulación está dispuesto para tener en cuenta
35 varios factores, incluyendo los parámetros detectados de la

- 4 -

calidad de la línea, los parámetros de ganancia del subcanal, y un parámetro de máscara de potencia permisible cuando se modula la señal de multitono discreta. El sistema de modulación es capaz también de actualizar dinámicamente las subportadoras utilizadas y la cantidad de datos transmitidos en cada subportadora durante la transmisión para adaptarse a los cambios en tiempo real en la calidad de la línea sobre las subportadoras particulares.

En las aplicaciones que son susceptibles de interferencia las bandas asociadas con la interferencia pueden enmascararse o silenciarse simplemente para prevenir la interferencia en cualquier dirección, de manera que las señales son transmitidas sobre subportadoras con frecuencias por encima y por debajo del ruido más significativo.

Además, en esta patente USA nº 5.673.290, la transmisión se realiza en banda base y se efectúa la transformación hermítica real conjugada de la información a transmitir (transformada rápida de Fourier real). Por las características anteriormente mencionadas, el sistema descrito de esta patente USA presenta el inconveniente de que no puede ser utilizado para la transmisión por la red eléctrica.

Además, el método descrito en esta patente americana se refiere a una comunicación punto a punto, de la que no se deduce su empleo en la red eléctrica ni la posibilidad de realizar una comunicación punto-multipunto full-duplex.

Por otra parte, también cabe señalar que existen sistemas de comunicación punto-multipunto, como es el caso de la patente PCT con número de publicación WO96/37062, en la que la línea de transmisión puede ser un cable coaxial, fibra óptica o similar, utilizándose un esquema de modulación de multiplexación por división ortogonal en frecuencia (OFDM), que es un sistema de modu-

- 5 -

lación ampliamente conocido en el estado de la técnica, y que añade un prefijo cíclico a cada símbolo OFDM para paliar los defectos de la propagación multicamino, tal y como se conoce en el estado de la técnica. La modulación OFDM junto con la utilización del prefijo cíclico puede englobarse en la modulación DMT empleada en el documento anterior, e igualmente ampliamente empleada en el estado de la técnica.

En este documento PCT se establecen canales sobre grupos respectivos de subportadoras, de modo que a cada usuario está asignado un grupo específico de tonos, de forma que el hardware y la complejidad de la realización de la transformada discreta de Fourier (DFT) se reduce sustancialmente, pero presenta el inconveniente de que es un sistema rígido y no permite asignar diferentes subportadoras a los usuarios según las condiciones que se den en frecuencia y tiempo de cada canal, aunque al igual que en el caso de la patente USA nº 5.673.290, las subportadoras individuales pueden desconectarse o accionarse para evitar interferencias.

Además, la referida PCT, utiliza un bucle remoto para corregir la frecuencia de los osciladores locales de los distintos usuarios.

También se pueden citar las patentes USA nos. 5.815.488 y 5.828.660 en las que se realiza una comunicación punto a multipunto.

Tampoco en estos documentos se describe su adaptación para la transmisión a través de la red eléctrica.

Además, en ninguno de los documentos citados la transmisión se realiza para múltiples usuarios ni se maximiza la capacidad de los canales ascendente y descendente en la red eléctrica.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Para lograr los objetivos y evitar los

- 6 -

inconvenientes indicados en anteriores apartados, la invención consiste en un procedimiento de acceso múltiple y múltiple transmisión de datos para un sistema multiusuario de transmisión digital de datos punto a multipunto sobre red eléctrica. Dicho sistema dispone de una pluralidad de equipos de usuario y de un equipo de cabecera comunicados bidireccionalmente a través de la red eléctrica, siendo el canal ascendente el que va desde los equipos de usuario hasta el equipo de cabecera y el canal descendente el que va desde el equipo de cabecera hasta los equipos de usuario, e incluyendo cada uno de estos equipos un controlador de acceso al medio (MAC) que maximiza la cantidad de información que los equipos de usuario pueden transmitir y minimiza el tiempo de latencia de estos equipos de usuario; efectuándose la división de la red eléctrica para los canales ascendente y descendente mediante duplexación por división en frecuencia (FDD) y/o mediante duplexación por división en tiempo (TDD). Novedosamente, según la invención, el procedimiento de la misma presenta:

- un acceso de múltiples equipos de usuario por el canal ascendente y el envío de múltiples tramas de información enviadas por el equipo de cabecera por el canal descendente, de forma simultánea mediante multiplexaciones OFDMA/TDMA/CDMA (multiplexación por división ortogonal en frecuencia, multiplexación por división en tiempo y/o multiplexación por división en código);

- un criterio para asignar dinámicamente cada portadora del sistema OFDM (multiplexación por división ortogonal en frecuencia) al usuario, de entre los usuarios que tengan información a transmitir en ese momento, con mayor capacidad de transmisión en esta portadora (más bits por portadora o mejor relación señal/ruido), de manera que se maximiza la capacidad de transmisión tanto en el canal ascendente como en el descendente, esto es, se ecualiza o

- 7 -

aplana la respuesta en frecuencia que es observada por el equipo de cabecera tanto en emisión como en recepción;

- una calidad de servicio (QoS) ajustable según el tipo de información y el usuario que requiera la transmisión, siendo adaptable esta calidad de servicio a los cambios en la respuesta en frecuencia en diferentes instantes y a las diferentes distancias entre los equipos de usuario y el equipo de cabecera; y

- una asignación dinámica del ancho de banda disponible entre las distintas peticiones de comunicación mediante el cálculo y la monitorización constante de las relaciones señal/ruido observadas por los equipos de usuario y por el equipo de cabecera en todo el ancho de banda del sistema.

Con ello se reparten los recursos de transmisión (esto es el conjunto de portadoras del sistema OFDM) según las necesidades de transmisión en cada instante de cada usuario, los parámetros de calidad de servicio establecidos para ese usuario, el criterio de maximización de la capacidad total del sistema y el criterio de minimización de la latencia de transmisión, utilizando para ello una repartición de las portadoras de un símbolo entre los usuarios (OFDMA), en el tiempo (TDMA), esto es símbolo a símbolo, y por códigos (CDMA), optimizando dicha repartición mediante la monitorización constante de los parámetros de calidad de la línea eléctrica, los cuales varían en el tiempo.

El procedimiento de la invención presenta medios de maximizar, esto es, ecualizar o aplanar la respuesta en frecuencia que dé el equipo de cabecera tanto en emisión como en recepción, debido a que la línea eléctrica actúa como un canal selectivo en frecuencia entre un punto y otro, provocando que ciertas frecuencias presenten mejor relación señal/ruido y por tanto mayor capacidad de transmisión que otras, por lo que para algunos

- 8 -

usuarios ciertas frecuencias serán las que presenten mejor relación señal/ruido, mientras que para otros usuarios serán otras frecuencias distintas. Los referidos medios para maximizar consisten preferentemente en:

- 5 - especificación de un espacio vectorial de dimensión igual al número de portadoras del canal OFDM, siendo los elementos de este espacio el número de bits que un usuario puede ver en cada una de las portadora o dimensión de la constelación utilizada en esa portadora.

10 $v_i = [v_{i1}, v_{i2} \dots v_{iN}]$;
donde N es el número total de portadoras utilizadas en el enlace de la comunicación al cual se refiere el vector y v_{ix} representa el número de bits por portadora utilizable en la comunicación hacia o desde el usuario i (dependiendo del
15 enlace al que se refiera) en la portadora x desde el punto de vista del equipo de cabecera;

- distribución de las portadoras entre los usuarios que tienen información para transmitir de forma que se maximice la norma uno de este vector: $||v||$, siendo
20 v el vector de bits por portadora (o dimensión de la constelación de cada portadora) que utiliza el equipo de cabecera en el símbolo actual, tanto en el canal ascendente como en el descendente;

- agrupación del número total de portadoras,
25 N, de los canales ascendente y descendente en subcanales de M portadoras para simplificar los cálculos del algoritmo y la implementación, de forma que se reduce la dimensión del espacio vectorial, generándose un espacio vectorial de dimensión N/M, siendo los valores de las
30 coordenadas la suma de todas las portadoras de un subcanal, y dando como resultado la capacidad de transmisión por símbolo OFDM que cada usuario ve en cada subcanal;

- ajuste del ancho de los subcanales al ancho de banda de coherencia, definido como la diferencia de
35 frecuencias entre la posición frecuencial de la primera y

- 9 -

la última portadora en la que la variación de la respuesta en frecuencia en esas portadoras es menor que cierto umbral.

Según una realización preferente de la invención, el MAC del equipo de cabecera incluye un bloque de arbitraje o árbitro que es el encargado de distribuir dinámicamente el ancho de banda de los canales ascendente y descendente para las distintas comunicaciones desde o hacia los equipos de usuario, siendo los criterios que utiliza este bloque de arbitraje para asignar dinámicamente el ancho de banda de transmisión los que se han descrito anteriormente, para lo cual utiliza los siguientes medios:

- transmisión orientada a paquetes, que están precedidos por un encabezamiento que indica a qué usuario va dirigido y en qué condiciones;

- división en subcanales de los canales ascendente y descendente, de manera que se multiplexan usuarios para maximizar el ancho de banda de transmisión por ambos canales, descendente y ascendente;

- asignación dinámica, esto es variante en el tiempo, de las portadoras a los distintos usuarios, para lo cual:

- * en el enlace descendente el encabezamiento de cada paquete enviado por un subcanal indica el destino, el tamaño y la constelación utilizada, entre otras informaciones, por lo que los usuarios deben ser capaces de detectar y comprender todos los encabezamientos recibidos por cualquier subcanal, pero sólo demodularán la información del paquete dirigido hacia ellos al conocer el vector de bits por portadora usado en modulación;

- * en el enlace ascendente, además de la división en subcanales ajustados al ancho de banda de coherencia se realiza una división en el tiempo, de forma que se define un SLOT como el número de símbolos en el canal ascendente entre dos mensajes de asignación de estos

- 10 -

SLOTS (SAM), y que constituyen la unidad que utilizará el árbitro para asignar recursos a los usuarios, siendo estos recursos asignados periódicamente mediante el envío de mensajes de asignación (que llamaremos SAM) por el enlace descendente hacia cada equipo de usuario, que pueden incluir información sobre uno o varios SLOTS y que se envían periódicamente un determinado número de muestras antes de los SLOTS a los que se refieren (esto es, los preceden temporalmente), de forma que cuanto menor sea el tamaño en número de símbolos de un SLOT menor es el suelo de latencia que se puede obtener pero mayor es la complejidad del sistema y el gasto de la capacidad de transmisión del canal descendente en mensajes de asignación de recursos (SAM);

- medidas continuas de la relación señal/ruido de cada usuario en todo el canal tanto ascendente como descendente, para actualizar continuamente la capacidad de transmisión de todos los usuarios en cada uno de los subcanales;

- información continua de qué usuarios tienen necesidades o requerimientos de transmisión y en qué cantidades mediante unos SLOTS de interrogación (POLLING) y unos mensajes de petición de recursos (MPR) respectivamente, siendo en el canal descendente las capas superiores del equipo de cabecera las que informan al árbitro de la cantidad de información que hay pendiente a transmitir y de qué usuarios; e

- información de la QoS (ancho de banda y latencia) definida para cada usuario en función de la capacidad del canal y del número de usuarios que cuelgan de ese equipo de cabecera, de forma que se pueda limitar el número de SLOTS continuos que se asignen a un mismo usuario en el caso de que varios quieran transmitir en el mismo momento, de manera que se mantiene la equidad en el acceso de usuarios al enlace ascendente.

- 11 -

Cuando el equipo de cabecera quiere transmitir a uno o varios equipos de usuario por el canal descendente, el bloque de arbitraje se encarga de distribuir el ancho de banda en forma dinámica, mediante el uso de uno o varios de los referidos subcanales, y el aviso al destino del uso de ese o esos subcanales mediante los encabezamientos de los paquetes de información que se envían por los subcanales, para lo que cada equipo de usuario decodifica los correspondientes datos cuando detecta que alguno de dichos encabezamientos se refiere a un paquete que se dirige a él (de forma que pueda recibir más de un paquete en varios subcanales distintos un mismo equipo de usuario), pudiendo indicar ese encabezamiento la transmisión de un nuevo paquete hacia el usuario o bien que el subcanal por donde se envió el encabezamiento va a ser utilizado para acelerar la transmisión de un paquete que se está enviando previamente por otro subcanal o subcanales a este mismo usuario, mediante la agregación de las portadoras de este nuevo subcanal a las ya utilizadas para la transmisión de este paquete anterior.

Los encabezamientos enviados por los subcanales del enlace descendente están modulados preferentemente con modulaciones con bajas necesidades de relación señal/ruido para su decodificación, preferentemente DPSK (modulación diferencial de fase) y/o QPSK (modulación de fase en cuadratura), junto con códigos de corrección/detección de errores y diversidad en frecuencia (envío de la misma información en distintas portadoras) y/o diversidad en tiempo (envío de la misma información en instantes diferentes) para aumentar la probabilidad de decodificar correctamente dicho encabezamiento.

Además, los referidos encabezamientos incluyen toda la información necesaria sobre el correspondiente paquete de información, tal y como la información del destino, el tipo de paquete, la utilización de diversidad

- 12 -

en frecuencia y/o en el tiempo, si el paquete se dirige a un usuario, a múltiples usuarios (modo MULTICAST) o a todos los usuarios (modo BROADCAST), la modulación utilizada sobre cada portadora, si se utiliza redundancia de FEC (redundancia de códigos de corrección/detección de errores) para proteger la información del paquete, y/o si el subcanal donde se envía el encabezamiento será utilizado para acelerar la transmisión de información de un paquete que se está enviando previamente por otro subcanal, u otras informaciones.

Por otra parte, los SLOTS que se refirieron anteriormente, en los que se divide el enlace ascendente, pueden ser utilizados por los equipos de usuario para:

- transmisión de respuestas a mensajes de interrogación (POLLING);
- transmisión de mensajes de petición de recursos (MPR),
- transmisión de datos, entre los que se incluye una o varias de las siguientes informaciones:
 - * secuencias de sincronización,
 - * secuencias de ecualización,
 - * secuencias para la estimación de la relación señal/ruido, y/o
 - * datos de información que el usuario desea enviar al equipo de cabecera.

Para el canal ascendente, el bloque de arbitraje incluye medios para conceder a cada equipo de usuario el ancho de banda más adecuado de forma variable, ofreciéndole más o menos SLOTS en función de parámetros tales como la cantidad de información a enviar, calidad de servicio pedida, tipo de información a enviar, relación señal/ruido observada por los equipos de usuario en los SLOTS concedidos, u otros, mediante un algoritmo de asignación óptima de SLOTS y comunicando las decisiones tomadas por dicho bloque de arbitraje hacia los equipos de

- 13 -

usuario mediante mensajes SAM.

El método utilizado para comunicar las decisiones sobre la distribución de SLOTS del enlace ascendente tomadas por el bloque de arbitraje del equipo de cabecera es el envío de mensajes de asignación SAM por el enlace descendente hacia cada equipo de usuario, que pueden incluir información sobre uno o varios SLOTS y que se envían periódicamente y siempre un determinado número de muestras antes de los SLOTS a los que se refieren (esto es, los preceden temporalmente), incluyéndose al menos:

- el anuncio del usuario o usuarios a los que se concede cada SLOT,

- la indicación del uso que se debe hacer de cada SLOT,

- el número de símbolos dentro del SLOT que se conceden a cada usuario,

- el número del símbolo a partir del cual cada usuario puede utilizar el SLOT,

- la información sobre la modulación que se debe emplear para la transmisión de los datos, preferentemente QPSK o la constelación negociada con el equipo de cabecera para una determinada tasa de error en función de la relación señal/ruido del canal;

pudiéndose incluir además:

- la confirmación de recepción de mensajes de petición de recursos MPR,

- la restricción de acceso a determinados equipos de usuario,

- la corrección de desvíos en la ventana temporal de transmisión de los equipos de usuario,

- información sobre el control de potencia,

- el tipo y número de datos a enviar por el usuario, esto es si debe enviar 0 ó más símbolos de ecualización, de sincronización, de estimación de la relación señal/ruido y/o de datos de información.

- 14 -

Estando preferentemente estos mensajes SAM codificados con algún sistema extra de protección frente a errores, tal como códigos con mayor capacidad de corrección/detección de errores, diversidad en frecuencia o tiempo, u otros.

Por otra parte, para el canal descendente, el bloque de arbitraje realiza la distribución teniendo en cuenta parámetros tales como la relación señal/ruido (o la respuesta en frecuencia) que los equipos de usuario observan en los subcanales, la prioridad del mensaje, la cantidad de información, u otros. Los usuarios decodifican los encabezamientos enviados por el enlace descendente y deciden si tienen que tomar los datos enviados por el mismo subcanal que el encabezamiento, a partir de la información de destino incluida en dicho encabezamiento.

El bloque de arbitraje puede ordenar, al objeto de acelerar la transmisión del referido paquete, la utilización de uno o más subcanales adicionales para el correspondiente envío, o el incremento del ancho de banda de un usuario, asignándole más de un subcanal para transmitir más de un paquete de información a la vez, indicando cualquiera de estas decisiones mediante el encabezamiento de los mensajes enviados.

El bloque de arbitraje puede distribuir los usuarios en los distintos subcanales, tanto en el canal descendente como en el ascendente, de manera que se maximice el ancho de banda medio utilizado en cada momento, para lo que se basan en la respuesta en frecuencia que cada usuario observa en los distintos subcanales.

Para los canales ascendente y descendente, el bloque de arbitraje utiliza como uno de los criterios de QoS a la hora de asignar recursos el minimizar la latencia, esto es, que cada equipo de usuario transmita lo antes posible tras realizar una petición de acceso al enlace ascendente, o que un paquete se transmita desde el equipo

- 15 -

de cabecera a un usuario lo antes posible.

El mensaje MPR al que nos hemos referido anteriormente, es preferentemente un mensaje de control relativamente corto que informa sobre si un equipo de usuario quiere transmitir datos y opcionalmente sobre el tamaño del bloque de información que quiere enviar y la calidad de servicio requerida por un equipo de usuario en los siguientes momentos:

- cuando un mensaje SAM recibido por el equipo de usuario ha indicado que un próximo SLOT asignado a dicho equipo es el último de una serie de SLOTS de transmisión de datos, con lo que el equipo de usuario utilizará parte del SLOT para enviar el mensaje MPR en caso de que tenga más datos para transmitir,

- cuando el equipo de usuario no tiene más datos que enviar y aún dispone de SLOTS asignados, en cuyo caso el correspondiente mensaje MPR indicará al equipo de cabecera que no le asigne más SLOTS y que reasigne los SLOTS restantes a otros equipos de usuario,

- cuando a un equipo de usuario se le asigna (mediante un SAM) un SLOT dedicado a la petición de recursos (MPR), de manera que el equipo o equipos de usuario que quieran transmitir enviarán su MPR en ese SLOT (utilizando una pequeña parte de él elegida al azar o mediante un algoritmo determinado que tenga en cuenta el tipo de usuario, el tipo de información u otros parámetros); y de manera que el equipo de cabecera detecte las posibles colisiones debidas a que varios equipos de usuario coincidan en la misma zona del SLOT en la petición de recursos, resolviéndose dichas colisiones mediante algoritmos conocidos en el estado de la técnica o bien dejando que los equipos de usuario retransmitan sus posiciones en posteriores intervenciones, hasta que la competición entre usuarios se haya solucionado.

Los SLOTS de POLLING permiten interrogar a un

- 16 -

número máximo de usuarios sobre si tienen o no información a transmitir utilizando un algoritmo de interrogación al objeto de que no sean siempre los mismos equipos de usuario los que sean interrogados cuando se supere dicho número máximo, incluyéndose asimismo en el equipo de cabecera medios de clasificación de los equipos de usuario en varias categorías dependiendo de la actividad que muestren los usuarios, de forma que para obtener esta información el equipo de cabecera asignará SLOTS de interrogación (POLLING) a los usuarios de los que quiera conocer la actividad, y éstos responderán en las partes del SLOT asociadas a ellos cuando tienen información que transmitir.

Cuando un equipo de usuario tiene datos para transmitir espera a que un mensaje (SAM) anuncie que alguno de los siguientes SLOTS está destinado a POLLING o MPR, de manera que si recibe un SAM de POLLING se siguen los siguientes pasos:

- el equipo de usuario comprueba ciertos bits en el SAM que le indican si pertenece o no al grupo de usuarios que pueden usar el siguiente SLOT de POLLING,

- el mensaje SAM indica las posiciones en las que el equipo de usuario debe contestar a la solicitud de recursos, siendo estas posiciones determinadas por el equipo de cabecera que monitoriza constantemente la relación señal/ruido que el equipo de usuario puede ver en las distintas portadoras (frecuencias disponibles para la comunicación ascendente);

- el SLOT de POLLING se divide en varias zonas válidas que son pequeñas porciones tiempo/frecuencia, y los equipos de usuario elegirán la zona indicada por el SAM para evitar la colisión de peticiones;

- el equipo de usuario envía un mensaje POLLING en la zona seleccionada; y

- si dicho POLLING ha sido recibido en el equipo de cabecera el equipo de usuario recibirá poste-

- 17 -

riormente mensajes SAM asignándole SLOTS; mientras que si no ha sido recibido, el equipo de usuario tendrá que esperar a que haya nuevos SAM de POLLING; mientras que si se recibe el anuncio SLOT de MPR en un SAM, el equipo de usuario enviará el mensaje MPR en dicho SLOT donde además de la necesidad de transmitir se indica, preferentemente, el tamaño de la información que se quiere enviar, la prioridad, la QoS exigida, de forma que esta información pueda ser decodificada por el equipo de cabecera y pueda ser utilizada para optimizar el algoritmo de asignación de SLOTS del árbitro; habiéndose previsto que si el equipo de cabecera detecta colisión, comenzará un algoritmo de resolución de colisión o bien dejará que los equipos de usuario transmitan su petición en un próximo SLOT de MPR o POLLING (puesto que el árbitro no les otorgará ningún SLOT de transmisión de datos en los próximos SAM).

En la realización preferente de la invención, el equipo de usuario sigue las decisiones tomadas por el equipo de cabecera sobre el momento en que transmitir, las portadoras a utilizar, el tipo de modulación y otros parámetros, mediante el siguiente proceso:

- tras recibir correctamente la solicitud de transmisión de un equipo de usuario, el equipo de cabecera va asignando SLOTS tiempo/frecuencia suficientes a partir de una estimación realizada según la actividad, capacidad de transmisión, calidad de servicio y otros parámetros del equipo de usuario que realizó la petición y según la monitorización sobre la relación señal/ruido observada en cada subcanal, siendo el árbitro el encargado de distribuir los SLOTS entre los usuarios que hayan hecho la petición para enviar datos con el algoritmo anteriormente comentado;

- cuando un equipo de usuario detecta, mediante la demodulación y la decodificación del mensaje

- 18 -

SAM que uno o más SLOTS están destinados a él realiza las siguientes operaciones:

5 * comprueba el tipo de cada uno de los SLOTS que se le han asignado y la modulación que tiene que emplear en cada portadora de cada SLOT, siendo el mensaje SAM el encargado de comunicar esta información según lo asignado por el árbitro;

10 * calcula cuántos bits va a poder transmitir en total (y extrae los datos de su memoria), pudiendo ser datos de información, ecualización, sincronización, estimación de señal/ruido o cualquier combinación de éstos, tal y como se indica en el mensaje SAM de asignación de ese SLOT;

15 * espera a que comience el símbolo de comienzo de la parte del SLOT en que puede transmitir y realiza la transmisión de datos con la modulación elegida;

20 * si alguno de los SLOTS asignado es de tipo diversidad en tiempo o en frecuencia, el equipo de usuario tiene que transmitir la información modulada de forma segura (preferentemente QPSK) y repetida varias veces en frecuencia, es decir, transmitiendo la misma información de la portadora k en las portadoras $k+N$, $k+2*N$, etc, dependiendo de la diversidad empleada y de las portadoras asignadas, o bien repetida varias veces en varios instantes
25 (diversidad en tiempo);

 * si el SLOT es de tipo POLLING o MPR se realiza el proceso especificado anteriormente.

30 En la referida multiplexación CDMA se incluye el método de frequency hopping, que si es aplicado a portadoras consiste en que los equipos de usuario en el momento de transmitir, sólo emplean parte de las portadoras según una secuencia que indica en cada instante las portadoras que se pueden utilizar para enviar información; estando dicha secuencia predefinida y pudiendo ser generada
35 mediante una secuencia pseudoaleatoria cuya semilla se

- 19 -

comunica mediante los mensajes SAM, mientras que si dicho método se aplica a los subcanales, la secuencia se emplea para indicar al equipo de usuario el subcanal que debe utilizar para transmitir en cada momento.

5 Los encabezamientos de los paquetes de información enviados por los SLOTS del enlace ascendente están modulados preferentemente con modulaciones con bajas necesidades de relación señal/ruido para su decodificación, preferentemente DPSK (modulación diferencial de fase) y/o
10 QPSK (modulación de fase en cuadratura), junto con códigos de corrección/detección de errores y diversidad en frecuencia (envío de la misma información en distintas portadoras) y/o tiempo (envío de la misma información en instantes diferentes) para aumentar la probabilidad de decodificar
15 correctamente.

 Los encabezamientos que se han aludido anteriormente incluyen toda la información necesaria sobre el correspondiente paquete de información, tal como información del tipo de paquete, la utilización de diversidad en frecuencia y/o en el tiempo, la modulación con
20 que se modula la información del paquete (por ejemplo todas las portadoras en QPSK o cada portadora con la constelación fijada para una determinada tasa de error en función de la relación señal/ruido del canal después de haberlo negociado
25 cada usuario con el equipo de cabecera) y la redundancia de FEC (redundancia de códigos de corrección/detección de errores) con que se protege la información del paquete u otras.

 El procedimiento de la invención puede
30 incluir una serie de controles para maximizar la relación señal/ruido de todos los usuarios sin que haya penalización entre los usuarios durante la transmisión por permitir acceso múltiple en el mismo símbolo OFDM en el enlace ascendente y transmisión de múltiples paquetes de
35 información simultáneamente por el enlace descendente;

- 20 -

siendo dichos controles:

- control de la potencia inyectada por cada equipo de usuario;

- control del enventanado temporal de cada
5 equipo de usuario; y

- control de la frecuencia de muestreo, esto es la sincronización en frecuencia de los equipos de usuario.

10 En el referido control sobre la potencia inyectada se utiliza un control automático de ganancia y/o una máscara de potencia mediante los que las señales de los equipos de usuario que llegan al equipo de cabecera lo hacen con aproximadamente la misma potencia, de manera que se puede trabajar con conversores A/D (analógicos/digitales)
15 de pocos bits sin perder relación señal/ruido en recepción.

Por otra parte, el referido control de enventanado se utiliza para que las señales de los distintos usuarios lleguen al equipo de cabecera al mismo tiempo,
20 esto es, que el comienzo de todos los símbolos OFDM enviados lleguen en la misma ventana temporal al equipo de cabecera; realizando este control mediante:

- un ajuste en lazo abierto que se realiza por el canal descendente, que representa un ajuste grueso
25 del enventanado temporal y en el que cada equipo de usuario observa los paquetes que llegan por el canal descendente, de lo que deduce aproximadamente las muestras que tiene que retrasar/adelantar su transmisión para que lleguen al equipo de cabecera en el instante óptimo,

- un ajuste de lazo cerrado que se realiza por el canal ascendente y por el descendente mediante los mensajes SAM que representa un ajuste fino de enventanado temporal y en el que el equipo de cabecera detecta y comunica cuántas muestras debe retrasarse/adelantarse el
35 equipo de usuario para alcanzar el instante de transmisión

- 21 -

óptimo.

Por último, en el referido control de frecuencia tras, una sincronización cada equipo de usuario tiene la frecuencia de muestreo empleada por el equipo de cabecera, corrigiéndose a partir de esta obtención la transmisión por el canal ascendente de manera que el error de frecuencia en la recepción del equipo de cabecera sea nulo; empleándose para la corrección de frecuencia en transmisión de los equipos de usuario los siguientes métodos:

- corrección del error residual en las portadoras mediante un rotor, gracias al cual se compensa el giro que sufren cada una de las portadoras (multiplicando las portadoras por una exponencial compleja del ángulo deseado); y

- corrección de la frecuencia de muestreo gracias a un elemento corrector de frecuencia (que podría consistir en un remuestrador en la parte de tratamiento digital del sistema, y/o en un oscilador variable o VCXO en la parte analógica), considerando que si los correspondientes relojes son suficientemente precisos no es necesario utilizar dicho elemento corrector en frecuencia, sino que bastaría simplemente con corregir el error residual en las portadoras con el rotor referido anteriormente.

A continuación, para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompañan unas figuras en las que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1.- Representa esquemáticamente una estructura o sistema en el que se puede aplicar el procedimiento de la presente invención.

Figura 2.- Representa esquemáticamente una

- 22 -

división en "SLOTS" de tiempo y frecuencia para un canal ascendente empleado en un ejemplo de la presente invención.

5 **Figura 3.-** Representa esquemáticamente una tabla de división en subcanales para el canal ascendente o descendente de un sistema que emplea el procedimiento de la presente invención.

10 **Figura 4.-** Representa esquemáticamente un ejemplo de asignación de portadoras para el canal descendente de un sistema que emplea el procedimiento de la presente invención.

15 **Figura 5.-** Representa esquemáticamente la transmisión de paquetes con cabeceras por distintos subcanales en un canal descendente de un sistema que emplea el procedimiento de la presente invención.

Figura 6.- Representa esquemáticamente la utilización del método frequency hopping en un canal ascendente de un sistema que utiliza el procedimiento de la presente invención.

20 **DESCRIPCIÓN DE UN EJEMPLO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

 Seguidamente se realiza una descripción de un ejemplo de la invención, haciendo referencia a la numeración adoptada en las figuras.

25 Así, el procedimiento de este ejemplo se aplica a un sistema que cuenta con una pluralidad de equipos de usuario (A, B,...X) y con un equipo de cabecera 1.

30 Estos equipos (A, B,...X) y 1 se encuentran comunicados bidireccionalmente a través de la red eléctrica 2; estableciéndose un canal ascendente que va desde los equipos de usuario (A, B,...X) hasta el equipo de cabecera 1; así como un canal descendente que va desde el equipo de cabecera 1 hasta los equipos de usuario (A, B,...X).

35 Tanto los equipos de usuario (A, B,...X) como

- 23 -

el equipo de cabecera 1 incluyen un controlador de acceso al medio (MAC) que presenta la referencia 3 para los equipos de usuario y la referencia 4 para el equipo de cabecera.

5 Mediante estos MAC se maximiza la cantidad de información que los equipos de usuario (A, B,...X) pueden transmitir, y se minimiza el tiempo de latencia de dichos equipos (A, B,...X).

10 Para tener los dos enlaces de la comunicación, enlace descendente y enlace ascendente, sobre el medio físico que representa la red eléctrica, se puede realizar una división en frecuencia (FDD- Frequency Division Duplexing) o en tiempo (TDD - Time División Duplexing).

15 La configuración descrita queda representada en la figura 1.

El procedimiento del presente ejemplo presenta las siguientes cuatro características esenciales:

20 - Acceso de múltiples equipos de usuario (A, B,...X) por el canal ascendente y envío de múltiples tramas de información por el canal descendente y desde el equipo de cabecera 1, todo ello simultáneamente y empleando multiplexaciones OFDMA/TDMA/CDMA.

25 - Un criterio que asigna dinámicamente cada portadora del sistema OFDM al usuario, de entre los usuarios que tengan información a transmitir en ese momento, con mayor capacidad de transmisión en dicha portadora, esto es más bits por portadora o mejor relación señal/ruido. Con esto se maximiza la capacidad de transmisión en los canales ascendente y descendente.

30 - Una calidad de servicio (QoS) ajustable según el tipo de información y el usuario que requiera la transmisión, y que es adaptable a los cambios en la respuesta en frecuencia en diferentes instantes, así como a las diferentes distancias entre los equipos de usuario
35 (A, B,...X) y el equipo de cabecera 1.

- 24 -

- Asignación dinámica del ancho de banda disponible entre las distintas peticiones de comunicación, mediante el cálculo y la monitorización constante de la relación señal/ruido (S/N) observada por cada equipo de usuario (A, B,...X) y por el equipo de cabecera 1 en todo el ancho de banda del sistema.

Mediante estas cuatro características se reparten los recursos de transmisión, esto es, el conjunto de portadoras del sistema OFDM, según las necesidades de transmisión en cada instante de cada usuario, los parámetros de calidad de servicio QoS establecidos para ese usuario, el criterio de maximización de la capacidad total del sistema y minimización de la latencia de transmisión, utilizando para ello una repartición de portadoras de un símbolo entre los usuarios (OFDMA), en el tiempo (TDMA), esto es símbolo a símbolo y por códigos (CDMA), optimizándose dicha repartición mediante la monitorización constante de los parámetros de calidad de la línea, los cuales varían en el tiempo.

En el procedimiento de este ejemplo el equipo de cabecera 1 es el encargado de distribuir el ancho de banda del sistema entre los equipos de usuario (A, B,...X), teniendo en cuenta factores como la calidad de servicio asignada a cada uno de los usuarios. El canal ascendente se divide en intervalos de tiempo y frecuencia llamados SLOTS, representados en la figura 2, y estos SLOTS serán distribuidos entre los usuarios que deseen transmitir. Para realizar esta distribución existe un bloque de arbitraje o árbitro 5 que se encuentra en el MAC 4 del equipo de cabecera 1. La información sobre qué SLOTS deben ser utilizados por cada usuario y/o que símbolos del SLOT deben ser utilizados por uno u otro usuario, junto con información sobre el tipo de modulación a utilizar en los SLOTS o los símbolos asignados, la función de éstos, etc., se introduce en unos mensajes de asignación de SLOTS llamados

- 25 -

SAM que se envían periódicamente por el canal descendente a todos los equipos de usuario (A, B,...X).

La flexibilidad de esta compartición compuesta permite optimizar la utilización del medio de transmisión. Para ello, se incluyen una serie de controles sobre los usuarios que consisten en:

- control de la potencia inyectada por cada equipo de usuario (A, B,...X);

- control del enventanado temporal de cada equipo de usuario (A, B,...X); y

- control de la frecuencia de muestreo, esto es, la sincronización en frecuencia de los equipos de usuario (A, B,...X).

Para poder distribuir el ancho de banda de los enlaces ascendente y descendente dinámicamente, estos enlaces o canales se dividen en una serie de subcanales que se constituyen por conjuntos de varias portadoras.

El ancho de banda de los subcanales se ajusta a las características de la red eléctrica 2, y más concretamente al ancho de banda de coherencia del canal; definiéndose dicho ancho de banda de coherencia para un sistema de transmisión multiportadora como la diferencia de frecuencias entre la posición frecuencial de la primera y la última portadora en la que la variación de la respuesta en frecuencia en esas portadoras sea menor que cierto umbral (como, por ejemplo 12dB).

Cuando los subcanales están ajustados al ancho de banda de coherencia se puede asegurar que la respuesta en frecuencia de las portadoras de ese subcanal para un determinado usuario estará acotada. Así, un usuario observará todas las portadoras que constituyen el subcanal con un valor relativamente estable de relación señal/ruido.

Este ajuste permite seleccionar usuarios en función de la respuesta en frecuencia que observen en los subcanales. A cada usuario se le podrá asignar las zonas

- 26 -

del espectro más óptimas de forma que se maximizará el ancho de banda medio que se observa en cada enlace. Además, también se pueden asignar subcanales a usuarios que vean una respuesta en frecuencia ortogonal unos respecto a otros
5 (en subcanales en donde un usuario ve una baja S/N, otro usuario la podría observar alta y viceversa), con lo que sería posible maximizar el uso del ancho de banda.

El caso óptimo se alcanza al tener una granularidad tan elevada que un subcanal esté formado por una sola portadora. En este caso se necesitan algoritmos
10 complejos y altamente costosos en tiempo y en capacidad de proceso para asignar los usuarios a los subcanales según su respuesta en frecuencia en cada subcanal, para maximizar el aprovechamiento en media del ancho de banda. Para
15 tener algoritmos rápidos y manejables, el enlace se divide de ocho a dieciséis subcanales en los enlaces descendente y ascendente, de acuerdo siempre con el límite impuesto por el ancho de banda de coherencia del canal.

En la figura 3 se puede ver el ejemplo de una
20 tabla que mantiene cuatro usuarios A, B, C y D con una respuesta en frecuencia mayor que un determinado umbral para cada uno de los cuatro subcanales 13, 14, 15 y 16 en los que se divide el canal ascendente. Esta tabla se mantendrá en el equipo de cabecera 1 y se utilizará durante
25 la distribución del ancho de banda entre los usuarios, de manera que se maximiza el ancho de banda medio al asignar subcanales a usuarios que observen una respuesta en frecuencia ortogonal.

La tabla de la figura 3 muestra un ejemplo de
30 un primer criterio de distribución utilizado. Cuando un usuario quiere transmitir por el enlace ascendente, o bien cuando la cabecera quiere transmitir a un usuario por el enlace descendente, se utiliza la referida tabla u otra similar para observar en qué subcanales se podría enviar la
35 información.

- 27 -

Uno de los puntos más importantes para optimizar la comunicación de múltiples usuarios simultáneamente por la red eléctrica 2 es asignar dinámicamente el ancho de banda entre los usuarios.

5 Para poder realizar una asignación óptima de las portadoras a los usuarios hay que calcular y monitorizar de forma constante la respuesta frecuencial o la relación señal/ruido de los usuarios y del equipo de cabecera en los dos canales de la comunicación. Esto se
10 debe a que la red eléctrica no es un medio estable, sino que sufre cambios en su función de transferencia a lo largo del tiempo y dependientes de la distancia existente entre el usuario en cuestión y la cabecera.

15 El objetivo siempre es encontrar una asignación óptima de las portadoras para cada usuario, bajo el criterio de maximizar el rendimiento medio del canal de comunicaciones, lo cual se puede obtener maximizando la relación señal/ruido en todo el ancho de banda.

20 Para distribuir el ancho de banda se determinan los usuarios a los que va a estar dedicada la comunicación. El equipo de cabecera 1 conocerá esta información para el enlace ascendente gracias a los mensajes de petición de recursos (MPR) y la interrogación de usuarios (POLLING), mientras que para el enlace descendente la sabrá al conocer el destino de los paquetes que
25 quiere enviar.

30 Una vez conocidos los usuarios implicados en la comunicación se utilizará una tabla o base de datos del tipo de la mostrada en la figura 3 para determinar qué subcanales deben asignarse a cada usuario al objeto de maximizar su capacidad de transmisión.

35 Para maximizar, esto es, ecualizar o aplanar la respuesta en frecuencia que dé el equipo de cabecera 1 tanto en emisión como en recepción se siguen en el presente ejemplo los siguientes pasos:

- 28 -

- se especifica un espacio vectorial de dimensión igual al número de portadoras del canal OFDM, siendo los elementos de este espacio el número de bits que un usuario puede ver en cada una de las portadoras o dimensión de la constelación utilizada en esa portadora;

matemáticamente $v_i = [v_{i1}, v_{i2} \dots v_{iN}]$ donde N es el número total de portadoras utilizadas en el enlace de la comunicación al que se refiere el vector y v_{ix} representa el número de bits por portadora utilizable por o para el usuario i (dependiendo de que enlace estemos tratando) en la portadora x desde el punto de vista del equipo de cabecera;

- Se distribuyen las portadoras entre los usuarios que tienen información para transmitir de forma que se maximice la norma (preferentemente la norma uno) de este vector: $||v||$; siendo v el vector de bits por portadora (o dimensión de la constelación de cada portadora) que utiliza el equipo de cabecera 1 en el símbolo actual, tanto en el canal ascendente como en el descendente.

- Se agrupa el número total de portadoras N de los canales ascendente y descendente en subcanales de M portadoras para simplificar los cálculos del algoritmo y la implementación, de forma que se reduce la dimensión del espacio vectorial, generándose un espacio vectorial de dimensión N/M, siendo los valores de las coordenadas la suma de todas las portadoras de un subcanal y dando como resultado la capacidad de transmisión por símbolo OFDM que cada usuario ve en cada subcanal.

- Se ajusta el ancho de banda de los subcanales al ancho de banda de coherencia.

Una vez que el equipo de cabecera 1 conoce los equipos de usuario (A, B, ...X) que van a emitir, o los que van a recibir si se está en el canal descendente, observa los requerimientos de calidad de servicio QoS y los subcanales adecuados en la tabla referida anterior-

- 29 -

mente. Finalmente, como criterio de distribución se utiliza un algoritmo de ortogonalidad, y así se distribuirá el ancho de banda entre los usuarios más ortogonales (más diferentes). De esta forma la respuesta en frecuencia del canal de comunicaciones que observa el equipo de cabecera 1 será lo más plano posible.

En la figura 4 se puede observar un ejemplo gráfico de asignación de portadoras para un canal descendente y el envío de información desde el equipo de cabecera 1 hasta unos equipos de usuario A y B. Los ejes 18 y 19 representan respectivamente la relación señal/ruido, o bien bits por portadora y la frecuencia de las portadoras. El gráfico 20 representa el canal observado hacia el usuario A, esto es, la respuesta en las portadoras del enlace descendente en términos de S/N o bits por portadora soportables por el usuario A, que la cabecera empleará para optimizar la transmisión a este usuario, mientras que el gráfico 21 representa el canal observado hacia el usuario B. La distribución elegida 17 por el equipo de cabecera 1 queda representada en el gráfico 22.

Cuando el equipo de cabecera 1 quiere transmitir a un determinado usuario utilizará uno de los subcanales y avisará del destino y uso del subcanal mediante el encabezamiento del paquete enviado por dicho subcanal. Los usuarios decodificarán un encabezamiento que indica que un paquete se dirige hacia ellos y decodificarán los correspondientes datos.

Únicamente el equipo de cabecera 1 puede transmitir por el enlace descendente a uno o múltiples usuarios (A, B,...X). El equipo de cabecera 1 puede reordenar los paquetes que debe enviar a los distintos usuarios para garantizar una determinada QoS, aunque también puede funcionar en modo salva (burst), esto es, encolando directamente los paquetes para el envío una vez las capas superiores han determinado qué debe ser transmi-

- 30 -

tido.

El envío de paquetes por el enlace descendente se realiza utilizando uno o varios de los subcanales en los que este enlace está dividido. En cada subcanal se indica que se envía un paquete a un usuario mediante los encabezamientos de dichos paquetes. Además de poder utilizar un subcanal para transmitir un paquete diferente a un nuevo usuario, las portadoras de ese subcanal se pueden utilizar para acelerar la transmisión de información de un paquete que ya está siendo enviado por otro subcanal (agregando las portadores de este subcanal a las del subcanal por el que se enviaba inicialmente el paquete, con lo que se aceleraría la transmisión de ese paquete). Para indicar que un subcanal va a ser utilizado como agregado para acelerar la transmisión, se envía el paquete de información por el subcanal agregado con un encabezamiento dirigido a los usuarios afectados.

Los usuarios observarán todo el enlace descendente buscando paquetes cuyos encabezamientos indiquen que los paquetes están dirigidos hacia ellos. Estos encabezamientos tienen que ser decodificados e interpretados correctamente por cada uno de los usuarios del sistema, por lo que esta parte del paquete debe tener pocas necesidades de S/N para la decodificación. Para ello se pueden utilizar modulaciones seguras como BPSK o QPSK, junto con códigos de corrección/detección de errores robustos, así como diversidad en tiempo y frecuencia.

Cuando un usuario decodifica un encabezamiento que indica que el paquete está dirigido a él, sabrá que el subcanal o subcanales correspondientes se utilizan para enviar el paquete, y tomará los datos enviados por esos subcanales. Si el encabezamiento indica que no está dirigido a él, simplemente ignora el paquete de datos asociado al encabezamiento. Si el encabezamiento indica que el nuevo subcanal está siendo utilizado para enviar más

- 31 -

rápidamente un paquete, decodificará la información que le llega por las nuevas portadoras además de por las portadoras del subcanal original, para obtener la información del canal. De esta forma se consigue asignar dinámicamente el ancho de banda en el enlace descendente.

La utilización del encabezamiento es de gran importancia en el sistema ya que permite que un paquete sea autocontenido. En el encabezamiento se indicará toda la información necesaria sobre el paquete tal como el destino, tamaño, tipo de paquete, si tiene diversidad en frecuencia o en tiempo, si está en modo multicast (este modo significa que múltiples usuarios lo recibirán), etc. En el enlace ascendente es necesario utilizar un mecanismo extra para conocer cuándo pueden enviarse los paquetes, esto es la distribución de SLOTS realizada por el árbitro 5 y los mensajes de asignación de SLOTS para comunicar la distribución a los usuarios.

En la figura 5 puede observarse un ejemplo en el que se utilizan cuatro subcanales 24 en el enlace descendente. Observando esta figura 5 se puede apreciar que en los subcanales primero y segundo, empezando a contar desde arriba, se envían paquetes precedidos por un encabezamiento 27. En el subcanal cuarto se inició una transmisión de un paquete y posteriormente el subcanal tercero se emplea para acelerar la transmisión del mismo paquete utilizando las nuevas portadoras para ello, lo cual queda representado mediante la flecha 28. Esto quedará indicado mediante la cabecera 27 del subcanal tercero. La flecha 23 representa la dirección de transmisión de paquetes desde el equipo de cabecera 1 hasta un usuario A, B, C ó D. Los ejes 25 y 26 representan tiempo y frecuencia respectivamente.

En la transmisión por el enlace o canal ascendente, para permitir que múltiples usuarios puedan transmitir simultáneamente por la red eléctrica 2 hacia el equipo de cabecera 1, el canal ascendente se divide de

- 32 -

forma lógica en intervalos de tiempo y frecuencia llamados, como dijimos anteriormente, SLOTS. Gracias a esta estructura se puede asignar dinámicamente el ancho de banda, de forma que se otorguen más o menos SLOTS de tiempo (símbolos) y frecuencia (portadoras), para que los usuarios puedan transmitir su información con diferentes requerimientos de calidad (tanto de ancho de banda como de latencia), y optimizando la transmisión otorgando SLOTS a los usuarios que observen el subcanal con suficiente relación señal/ruido como para utilizar modulaciones más densas.

Cuando uno de estos SLOTS es asignado a un equipo de usuario (A, B,...X), el usuario sabrá durante qué instantes de tiempo y en qué portadoras (y por lo tanto en qué frecuencias) puede enviar la información que desea transmitir. El grupo de portadoras asociado a un SLOT es lo que se denomina un subcanal de la comunicación en el canal ascendente. Las frecuencias de cada subcanal están ajustadas al ancho de banda de coherencia del canal, de forma que cada usuario observa una respuesta en frecuencia similar (acotada entre ciertos límites) en cada subcanal. Esto permite aumentar el rendimiento de la transmisión por el enlace ascendente.

En la figura 2 se puede observar un ejemplo de distribución de SLOTS en un determinado instante para una posible implementación. Los ejes 11 y 12 representan frecuencia y tiempo respectivamente, mientras que los SLOTS 7, 8, 9 y 10 representan SLOTS asociados a distintos usuarios A, B, C y D respectivamente, en tanto que los SLOTS 6 representan SLOTS que se encuentran libres.

Los referidos SLOTS pueden ser utilizados por los equipos de usuario (A, B,...X) para distintos usos tales como:

- transmisión de respuestas a mensajes de interrogación (POLLING);

- 33 -

- transmisión de mensajes de petición de recursos (MPR);

- transmisión de datos entre los que se incluyen una o varias de las siguientes informaciones:

- 5 1. secuencias de sincronización;
2. secuencias de ecualización;
3. secuencias para la estimación de la relación señal/ruido, y/o
- 10 4. datos de información que el usuario (A, B,...X) desea enviar al equipo de cabecera 1.

Mediante los mensajes de asignación de SLOTS SAM, el equipo de cabecera 1 indica el propósito de cada SLOT y qué usuario o usuarios pueden hacer uso de él. De esta forma, el sistema de acceso múltiple es un
15 sistema centralizado, en el que los equipos de usuario (A, B,...X) sólo transmiten por la red eléctrica 2 cuando el equipo de cabecera 1 lo ha decidido anteriormente, y ha comunicado esta decisión a los usuarios implicados, junto con la cantidad de información que pueden transmitir, el
20 tipo de modulación, etc.

Para optimizar la utilización en el canal ascendente del acceso a la red eléctrica 2 con OFDMA/TDMA/CDMA, se han desarrollado los tres controles que se indicaron anteriormente, gracias a los cuales se maximiza
25 la relación señal/ruido de todos los usuarios sin penalizar unos a otros por estar transmitiendo.

Respecto al control sobre la potencia inyectada, se utiliza un control automático de ganancia y/o una máscara de potencia mediante los que las señales de los
30 equipos de usuario (A, B,...X) que llegan al equipo de cabecera 1 lo hacen con aproximadamente la misma potencia, de manera que se puede trabajar con conversores A/D de pocos bits sin perder relación señal/ruido en recepción.

Respecto al control de enventanado temporal,
35 se utiliza para que las señales de los distintos equipos

- 34 -

de usuario (A, B,...X) lleguen al equipo de cabecera 1 al mismo tiempo, esto es que el comienzo de todos los símbolos OFDM enviados lleguen en la misma ventana temporal al equipo de cabecera 1, realizándose este control mediante:

5 - un ajuste en lazo abierto que se realiza por el canal descendente, que representa un ajuste grueso del enventanado temporal y en el que cada equipo de usuario (A, B,...X) observa los paquetes que llegan por el canal descendente, de lo que deduce aproximadamente las muestras
10 que tiene que retrasar/adelantar su transmisión para que lleguen al equipo de cabecera 1 en el instante óptimo;

 - un ajuste de lazo cerrado que se realiza por el canal ascendente y por el descendente mediante los mensajes SAM que representa un ajuste fino de enventanado
15 temporal y en el que el equipo de cabecera 1 detecta y comunica cuántas muestras debe retrasarse/adelantarse el equipo de usuario (A, B,...X) para alcanzar el instante de transmisión óptimo.

 Respecto al control de frecuencia tras una
20 sincronización, cada equipo de usuario (A, B,...X) obtiene la frecuencia de muestreo empleada por el equipo de cabecera 1 corrigiéndose a partir de esta obtención la transmisión por el canal ascendente de manera que el error de frecuencia en la recepción del equipo de cabecera 1 sea
25 nulo, empleándose para la corrección de frecuencia en transmisión de los equipos de usuario (A, B,...X) los siguientes métodos:

 - corrección del error residual en las portadoras mediante un rotor, gracias al cual se compensa
30 el giro que sufren cada una de las portadoras (multiplicando las portadoras por una exponencial compleja del ángulo deseado); y

 - corrección de la frecuencia de muestreo gracias a un elemento corrector de frecuencia (que podría
35 consistir en un remuestreador de la parte de tratamiento

- 35 -

digital del sistema, y/o en un oscilador variable o VCXO en la parte analógica), considerando que si los correspondientes relojes son suficientemente precisos no es necesario utilizar dicho elemento corrector en frecuencia, sino que basta simplemente con corregir el error residual en las portadoras con el rotor referido anteriormente.

Para el canal ascendente, y en la multiplexación CDMA se utiliza el método "frequency hopping", que consiste, cuando se aplica a portadoras, en que los equipos de usuario (A, B,...X) en el momento de transmitir, sólo emplean parte de las portadoras, según una secuencia que indica en cada instante las portadoras que se pueden utilizar para enviar información; estando dicha secuencia predefinida y pudiendo ser generada mediante una secuencia pseudoaleatoria cuya semilla se comunica mediante mensajes SAM. Por otra parte, este método aplicado a los subcanales, tiene la característica de que la secuencia se emplea para indicar al equipo de usuario (A, B,...X) el subcanal que debe utilizar para transmitir en cada momento.

Una de las ventajas del "frequency hopping" es que los subcanales o las portadoras se van distribuyendo por los usuarios en el tiempo, es decir, que un usuario no está todo el tiempo utilizando un subcanal donde detecta alta relación señal/ruido, sino que también utiliza (cuando la secuencia se lo indica) canales con baja relación señal/ruido, de forma que en media todos los usuarios pueden ver un canal medio y así se maximiza el ancho de banda de transmisión por la red eléctrica.

La figura 6 representa un ejemplo de frequency hopping para una comunicación de unos equipos de usuario A, B, C y D hacia un equipo de cabecera 1; representando la flecha 29 la dirección de transmisión de los datos, mientras que la flecha 30 representa el ancho de banda de cada subcanal. Los ejes 31 y 32 representan frecuencia y tiempo respectivamente. Las referencias 33,

- 36 -

34, 35 y 36 representan envíos desde los usuarios A, B, C y D respectivamente; mientras que la referencia 37 representa una colisión entre dos usuarios.

5 Los mensajes de asignación de SLOTS, SAM, son mensajes que se transmiten periódicamente por el canal descendente y que son decodificados por todos los usuarios. La periodicidad con la que se envían depende del tamaño de los SLOTS en los que se divide el canal ascendente. Una vez elegido el tamaño de los intervalos de
10 frecuencia y tiempo (SLOTS), la periodicidad se debe mantener constante.

La finalidad de los mensajes SAM consiste en:

- anunciar el o los identificadores del equipo o equipos de usuario (A, B,...X) a los que se ha concedido
15 la transmisión en cada uno de los SLOTS de frecuencia y tiempo en los que se ha dividido el canal ascendente;

- indicar el uso que se debe hacer de ese SLOT: transmisión, ecualización, S/N, sincronización, datos, interrogación (POLLING), solicitud de recursos
20 (MPR), etc.

- enviar información adicional destinada a la recepción de solicitudes de recursos, restringir el acceso a grupos de usuarios, etc.

25 Los mensajes SAM resultan esenciales para construir un sistema de asignación dinámica del ancho de banda. Los usuarios, cuando quieran transmitir información, realizarán una petición al equipo de cabecera 1 (utilizando los métodos de solicitud de recursos y de interrogación). El equipo de cabecera 1 no concederá un
30 ancho de banda fijo al usuario, sino que realizará una distribución dinámica de este ancho de banda, ofreciendo más o menos SLOTS a los usuarios que hicieron la petición siguiendo factores como la cantidad de información a enviar, la calidad de servicio pedida, el tipo de información a enviar, la relación señal/ruido observada por los
35

- 37 -

usuarios en los SLOTS concedidos, etc.

Para que la asignación dinámica del ancho de banda sea lo más eficiente posible se realiza una comparación con OFDMA. En este tipo de compartición, en un mismo símbolo OFDM varios usuarios pueden transmitir información utilizando diferentes portadoras.

Los mensajes de asignación de SLOTS pueden llevar información sobre uno o más SLOTS. Debido a la importancia de estos mensajes SAM, los mismos llevarán preferentemente algún sistema de protección extra frente a errores, tal y como códigos con gran capacidad de corrección/detección de errores, diversidad en frecuencia y/o tiempo, etc. Obviamente, los mensajes de asignación de SLOTS siempre preceden temporalmente a los SLOTS del canal ascendente a los que se refieren.

Además, el mensaje SAM puede indicar si el SLOT asignado al usuario es el primero, el último o uno de los intermedios. Si el SLOT es el primero de los otorgados a un usuario para el envío de información, no enviará datos en todos los símbolos de SLOT sino que deberá utilizar varios de los símbolos del SLOT para enviar información suplementaria, tal como sincronismo o ecualización. Si el SLOT es intermedio podrá ser utilizado en su totalidad para el envío de datos. Si el SLOT es el último de los asignados el equipo de usuario (A, B,...X) mandará información y un mensaje de petición de recursos (MPR) para que el equipo de cabecera 1 conozca si quiere transmitir más información o no. Esta no es la única vez que un equipo puede enviar mensajes de petición de recursos, sino que también se enviarán cuando el usuario tiene información a transmitir, y desde el equipo de cabecera 1 se indica que el propósito de un próximo SLOT es la petición de recursos.

En el presente ejemplo los mensajes SAM que se envían por el canal descendente hacia cada equipo de usuario (A, B,...X) incluyen al menos la siguiente infor-

- 38 -

mación:

- el anuncio del equipo de usuario o usuarios (A, B,...X) a los que se concede cada SLOT,

- la indicación del uso que se debe hacer de cada SLOT,

- el número de símbolos que cada equipo puede utilizar en el SLOT,

- el número del símbolo a partir del cual un determinado usuario puede transmitir en el SLOT,

- la información sobre la modulación que se debe emplear para la transmisión de datos,

Además, dichos mensajes SAM pueden incluir:

- la confirmación de recepción de mensajes MPR,

- la restricción de acceso a determinados equipos de usuario (A, B,...X),

- la corrección de desvíos en la ventana temporal de transmisión de los equipos de usuario (A, B,...X),

- información sobre el control de potencia,
- el tipo y número de datos a enviar por el usuario, esto es si debe enviar 0 ó más símbolos de ecualización, de sincronización, de estimación de la relación señal/ruido y/o de datos de información que se desee enviar.

Por otra parte, los mensajes MPR que se han referido en varias ocasiones anteriores, son unos mensajes de control relativamente cortos que informan sobre si un equipo de usuario (A, B,...X) quiere transmitir datos y opcionalmente sobre el tamaño del bloque de información que quiere enviar y la calidad de servicio deseada por un equipo de usuario (A, B,...X), y que se envían en diferentes momentos. Dichos momentos son:

- cuando un mensaje SAM recibido por el equipo de usuario (A, B,...X) ha indicado que un próximo SLOT

- 39 -

asignado a dicho equipo es el último de una serie de SLOTS de transmisión de datos, con lo que el equipo de usuario (A, B,...X) utilizará parte del SLOT para enviar el mensaje MPR en caso de que tenga más datos para transmitir

5 - cuando el equipo de usuario (A, B,...X) no tiene más datos que enviar y aún dispone de SLOTS asignados, en cuyo caso el correspondiente mensaje MPR indicará al equipo de cabecera 1 que no le asigne más SLOTS y que reasigne los SLOTS restantes a otros equipos de usuario
10 (A, B,...X);

 - cuando a un equipo de usuario (A, B,...X) se le asigna mediante un SAM un SLOT dedicado a la petición de recursos, de manera que el equipo o equipos de usuario (A, B,...X) que quieran transmitir enviarán su MPR
15 en ese SLOT.

 Cuando un equipo de usuario (A, B,...X) tiene datos para transmitir espera a que un mensaje SAM anuncie que alguno de los siguientes SLOTS está destinado a POLLING o MPR, de manera que si recibe un SAM de POLLING se siguen
20 los siguientes pasos:

 - el equipo de usuario (A, B,...X) comprueba ciertos bits en el SAM que le indican si pertenece o no al grupo de usuarios que pueden usar el siguiente SLOT de POLLING;

25 - el mensaje SAM indica las posiciones en las que el equipo de usuario (A, B,...X) debe contestar la solicitud de recursos, siendo estas posiciones determinadas por el equipo de cabecera 1 que monitoriza constantemente la relación señal/ruido que el equipo de usuario
30 (A, B,...X) puede ver en las distintas portadoras disponibles para la comunicación ascendente;

 - el SLOT de POLLING se divide en varias zonas válidas que son pequeñas porciones tiempo/frecuencia, y los equipos de usuario (A, B,...X) elegirán la zona indicada
35 por el SAM para evitar la colisión de peticiones;

- 40 -

- el equipo de usuario (A, B,...X) envía un mensaje POLLING en la zona seleccionada y

5 - si dicho POLLING ha sido recibido en el equipo de cabecera 1 el equipo de usuario (A, B,...X) recibirá posteriormente mensajes SAM asignándole SLOTS; mientras que si no ha sido recibido, el equipo de usuario (A, B,...X) tendrá que esperar a que haya nuevos SAM de POLLING.

10 Por otra parte, cuando se recibe un SAM de MPR, el equipo de usuario (A, B,...X) envía el mensaje MPR en el correspondiente SLOT donde además de la necesidad de transmitir se indica, preferentemente, la cantidad de información que se quiere enviar, la prioridad, la QoS exigida, de forma que esta información pueda ser decodificada por el equipo de cabecera y pueda ser utilizada para optimizar el algoritmo de asignación de SLOTS del árbitro 5; habiéndose previsto que si el equipo de cabecera 1 detecta colisión, comenzará un algoritmo de resolución de colisión o bien dejará que los equipos de usuario 20 (A, B,...X) transmitan su petición en un próximo SLOT de MPR o POLLING, ya que el árbitro 5 no les otorgará ningún SLOT de transmisión de datos en los próximos SAM.

25 En el presente ejemplo, cuando un equipo de usuario (A, B,...X) quiere transmitir, sigue las decisiones tomadas por el equipo de cabecera 1 sobre el momento en que transmitir, las portadoras a utilizar, el tipo de modulación, y otros parámetros mediante el siguiente proceso:

30 - Tras recibir correctamente la solicitud de transmisión de un equipo de usuario (A, B,...X), el equipo de cabecera 1 va asignando SLOTS tiempo/frecuencia suficientes a partir de una estimación realizada según la actividad, capacidad de transmisión, calidad de servicio y otros parámetros del equipo de usuario (A, B,...X) que 35 realizó la petición y según la monitorización de la

- 41 -

relación señal/ruido observada en cada subcanal, siendo el árbitro 5 el encargado de distribuir los SLOTS entre los usuarios que hayan hecho la petición de enviar datos mediante un algoritmo.

5 - Cuando un usuario (A, B,...X) detecta, mediante la demodulación y la decodificación de un mensaje SAM que uno o más SLOTS están destinados a él, realiza las siguientes operaciones:

10 1.- comprueba el tipo de cada uno de los SLOTS que se le han asignado y la modulación que tiene que emplear en cada portadora de cada SLOT, siendo el mensaje SAM el encargado de comunicar esta información según lo asignado por el árbitro 5.

15 2.- Calcula cuántos bits va a poder transmitir en total (y extrae los datos de su memoria), pudiendo ser datos de información, ecualización, sincronización, estimación de la relación señal/ruido o cualquier combinación de éstos, tal y como se indica en el mensaje SAM de asignación de ese SLOT.

20 3.- Espera a que comience el tiempo de inicio del SLOT y transmite los datos en las portadoras del SLOT con la modulación exigida.

25 4.- Si alguno de los SLOTS asignado es de tipo diversidad en tiempo o en frecuencia, el equipo de usuario (A, B,...X) tiene que transmitir la información modulada de forma segura, preferentemente QPSK, y repetir varias veces en frecuencia es decir, transmitiendo la misma información de la portadora k en las portadoras k+N, k+2*N, etc., dependiendo de la diversidad empleada y de las portadoras asignadas, o bien repetida varias veces en varios instantes (diversidad en tiempo).

30 5.- Si el SLOT es de tipo POLLING o MPR se efectúa el proceso que se especificó anteriormente.

- 42 -

REIVINDICACIONES**1.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO**

5 **SOBRE RED ELÉCTRICA**, existiendo una pluralidad de equipos de usuario (A, B,...X) y un equipo de cabecera (1) comunicados bidireccionalmente a través de la red eléctrica (2), siendo el canal ascendente el que va desde los equipos de usuario (A, B,...X) hasta el equipo de cabecera (1) y el canal descendente el que va desde el equipo de cabecera (1) hasta los equipos de usuario (A, B,...X), e incluyendo cada uno de los equipos (A, B,...X), (1) un controlador de acceso al medio (MAC) (3, 4) que maximiza la cantidad de información que los equipos de usuario (A, B,...X) pueden transmitir y minimiza el tiempo de latencia de los equipos de usuario (A, B,...X); efectuándose la división de la red eléctrica para los canales ascendente y descendente mediante duplexación por división en frecuencia (FDD) y/o mediante duplexación por división en tiempo (TDD); caracterizado porque presenta:

a. un acceso de múltiples equipos de usuario (A, B,...X) por el canal ascendente, y el envío de múltiples tramas de información enviadas por el equipo de cabecera (1) por el canal descendente, de forma simultánea mediante multiplexaciones OFDMA/TDMA/CDMA (multiplexación por división ortogonal en frecuencia, multiplexación por división en tiempo y/o multiplexación por división en código);

b. un criterio para asignar dinámicamente cada portadora del sistema OFDM (multiplexación por división ortogonal en frecuencia) al usuario, entre los usuarios que tengan información a transmitir en ese momento, con mayor capacidad de transmisión en esta portadora (más bits por portadora o mejor relación señal/ruido), de manera que se maximiza la capacidad de transmisión tanto en el canal

- 43 -

ascendente como en el descendente, esto es, se ecualiza o aplanar la respuesta en frecuencia que es observada por el equipo de cabecera tanto en emisión como en recepción;

5 c. una calidad de servicio (QoS) ajustable según el tipo de información y el usuario que requiera la transmisión, siendo adaptable esta calidad de servicio (QoS) a los cambios en la respuesta en frecuencia en diferentes instantes y a las diferentes distancias entre los equipos de usuario (A, B,...X) y el equipo de cabecera (1);
10

 d. una asignación dinámica del ancho de banda disponible entre las distintas peticiones de comunicación, mediante el cálculo y la monitorización constante de las relaciones S/N (señal/ruido) observadas por los equipos de usuario (A, B,...X) y por el equipo de cabecera (1) en todo el ancho de banda del sistema;
15 de forma que se reparten los recursos de transmisión (esto es el conjunto de portadoras del sistema (OFDM) según las necesidades de transmisión en cada instante de cada usuario, los parámetros de calidad de servicio (QoS) establecidos para ese usuario, el criterio de maximización de la capacidad total del sistema y el criterio de minimización de la latencia de transmisión, utilizando para ello una repartición de las portadoras de un símbolo entre los usuarios (OFDMA), en el tiempo (TDMA), esto es símbolo a símbolo y por códigos (CDMA), optimizando dicha repartición mediante la monitorización constante de los parámetros de calidad de la línea eléctrica que varían constantemente.
20
25

30 **2.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 1, caracterizado porque presenta medios de maximización, esto es,
35 ecualización o aplanamiento de la respuesta en frecuencia

- 44 -

que ve el equipo de cabecera (1) tanto en emisión como en recepción, [debido a que la línea eléctrica actúa como un canal selectivo en frecuencia entre un punto y otro, provocando que ciertas frecuencias presenten mejor relación señal/ruido (S/N) y por tanto mayor capacidad de transmisión que otras, por lo que para algunos usuarios ciertas frecuencias serán las que presentan mejor S/N mientras que para otros usuarios serán otras frecuencias distintas]; consistiendo dichos medios de maximizar en:

a. especificación de un espacio vectorial de dimensión igual al número de portadoras del canal OFDM, siendo los elementos de este espacio el número de bits que un usuario puede ver en cada una de las portadoras o dimensión de la constelación utilizada en esa portadora;

$v_i = [v_{i1}, v_{i2} \dots v_{iN}]$ donde N es el número total de portadoras utilizadas en el enlace de la comunicación al cual se refiere el vector y v_{ix} representa el número de bits por portadora utilizable en la comunicación hacia o desde el usuario i (dependiendo de que enlace estemos tratando) en la portadora x desde el punto de vista del equipo de cabecera;

b. distribución de las portadoras entre los usuarios que tienen información para transmitir de forma que se maximice la norma uno de este vector: $\|v\|_1$ siendo v el vector de bits por portadora (o dimensión de la constelación de cada portadora) que utiliza el equipo de cabecera (1) en el símbolo actual, tanto en el canal ascendente como en el descendente;

c. agrupación del número total de portadoras N de los canales ascendente y descendente en subcanales de M portadoras para simplificar los cálculos del algoritmo y la implementación, de forma que se reduce la dimensión del espacio vectorial, generándose un espacio vectorial de dimensión N/M, siendo los valores de las coordenadas la suma de todas las portadoras de un subcanal, y dando como

- 45 -

resultado la capacidad de transmisión por símbolo OFDM que cada usuario ve en cada subcanal;

d. ajuste del ancho de los subcanales al ancho de banda de coherencia, definido como la diferencia de frecuencias entre la posición frecuencial de la primera y la última portadora en la que la variación de la respuesta en frecuencia de esas portadoras es menor que cierto umbral.

3.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque un árbitro o bloque de arbitraje (5) incluido en el MAC (4) del equipo de cabecera (1) es el encargado de distribuir dinámicamente el ancho de banda de los canales ascendente y descendente para las distintas comunicaciones desde o hacia los equipos de usuario (A, B,...X) siendo los criterios que utiliza este bloque para asignar dinámicamente el ancho de banda de transmisión los definidos en las reivindicaciones 1 y 2, y los medios que utiliza para ello son:

a. transmisión orientada a paquetes, que están precedidos por un encabezamiento que indica a qué usuario va dirigido y en qué condiciones;

b. división en subcanales de los canales ascendente y descendente de manera que se multiplexan usuarios para maximizar el ancho de banda de transmisión por ambos canales, descendente y ascendente, utilizando el criterio de ortogonalidad de las capacidades de transmisión en función de la frecuencia de los distintos usuarios;

c. asignación dinámica, esto es variante en el tiempo, de las portadoras a los distintos usuarios para lo cual:

1.- en el enlace descendente el encabeza-

- 46 -

miento de cada paquete enviado por un subcanal indica el destino, el tamaño y la constelación utilizada, entre otras informaciones, por lo que los usuarios deben ser capaces de detectar y comprender todos los encabezamientos recibidos por cualquier subcanal, pero sólo demodularán la información del paquete dirigido hacia ellos al conocer el vector de bits por portadora usado en modulación;

2.- en el enlace ascendente, además de la división en subcanales ajustados al ancho de banda de coherencia se realiza una división en el tiempo, de forma que llamaremos SLOT a la unidad de transmisión que utilizará el árbitro (5) del canal ascendente para asignar recursos a los usuarios, siendo estos recursos asignados periódicamente mediante el envío de mensajes de asignación (que llamaremos SAM) por el enlace descendente hacia cada equipo de usuario (A, B,...X) que pueden incluir información sobre uno o varios SLOTS y que se envían periódicamente un determinado número de muestras antes de los SLOTS a los que se refieren (esto es, los preceden temporalmente), de forma que cuanto menor sea el tamaño en número de símbolos de un SLOT menor es el suelo de latencia que se puede obtener pero mayor es la complejidad del sistema y el gasto de la capacidad de transmisión del canal descendente en mensajes de asignación de recursos (SAM) por lo que el tamaño del SLOT oscila preferentemente entre uno y ciento-ventiocho símbolos OFDM;

d. medidas continuas de relación señal/ruido de cada usuario en todo el canal tanto ascendente como descendente, para actualizar continuamente la capacidad de transmisión de todos los usuarios en cada uno de los subcanales;

e. información continua de qué usuarios (A, B,...X) tienen necesidades o requerimientos de transmisión y en qué cantidades mediante unos SLOTS de interrogación (POLLING) y unos mensajes de petición de recur-

- 47 -

sos (MPR) respectivamente, siendo en el canal descendente las capas superiores del equipo de cabecera (1) las que informan al árbitro (5) de la cantidad de información que hay pendiente de transmitir y hacia qué usuarios; e

5 f. información de la QoS (ancho de banda y latencia) definida para cada usuario en función de la capacidad del canal y el número de usuarios que cuelgan de ese equipo de cabecera (1) de forma que se pueda limitar el número de SLOTS continuos que se asignen a un mismo usuario
10 en el caso de que varios quieran transmitir en el mismo momento, de manera que se mantiene la equidad en el acceso de usuarios al enlace ascendente.

4.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 3, caracterizado porque cuando el equipo de cabecera (1) quiere transmitir a uno o varios equipos de usuario (A, B,...X) por el canal descendente, el bloque de arbitraje (5) se
15 encarga de distribuir el ancho de banda de forma dinámica, mediante el uso de uno o varios de los referidos subcanales, y el aviso al destino del uso de ese o esos subcanales mediante los encabezamientos de los paquetes de información que se envían por los subcanales, para que cada
20 equipo de usuario (A, B,...X) decodifique los correspondientes datos cuando detecta que alguno de dichos encabezamientos se refiere a un paquete que se dirige a él (de forma que pueda recibir más de un paquete en varios subcanales distintos un mismo equipo de usuario
25 (A, B,...X)), pudiendo indicar ese encabezamiento la transmisión de un nuevo paquete hacia el usuario o bien que el subcanal por donde se envió el encabezamiento va a ser utilizado para acelerar la transmisión de un paquete que se está enviando previamente por otro subcanal o subcanales a
30 ese mismo usuario, mediante la agregación de las portadoras
35

- 48 -

de este nuevo subcanal a las ya utilizadas para la transmisión del paquete anterior.

5 **5.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 4, caracterizado porque los encabezamientos enviados por los subcanales del enlace descendente están modulados preferentemente con modulaciones con bajas necesidades de
10 relación señal/ruido para su decodificación, preferentemente DPSK (modulación diferencial de fase) y/o QPSK (modulación de fase en cuadratura), junto con códigos de corrección/detección de errores y diversidad en frecuencia (envío de la misma información en distintas portadoras)
15 y/o diversidad en tiempo (envío de la misma información en instantes diferentes) para aumentar la probabilidad de decodificar correctamente dicho encabezamiento.

20 **6.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 4, caracterizado porque dichos encabezamientos incluyen toda la información necesaria sobre el correspondiente paquete de información tal y como la información del destino, el tipo
25 de paquete, la utilización de diversidad de frecuencia y/o en el tiempo, si el paquete se dirige a un usuario, un subconjunto de usuarios (esto es modo multicast) o a todos los usuarios (esto es, modo broadcast), la modulación utilizada sobre cada portadora, si se utiliza redundancia
30 de FEC (redundancia por aplicar un determinado código de corrección/detección de errores para proteger la información del paquete), y/o si el subcanal donde se envía el encabezamiento será utilizado para acelerar la transmisión de información de un paquete que se está enviando previamente por otro subcanal, u otras informaciones.
35

- 49 -

7.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 3, caracterizado porque los SLOTS en los que se divide el enlace ascendente pueden ser utilizados por los equipos de usuario (A, B,...X) para:

a. transmisión de respuestas a mensajes de interrogación (POLLING);

b. transmisión de mensajes de petición de recursos (MPR);

c. transmisión de datos entre los que se incluye una o varias de las siguientes informaciones:

1. secuencias de sincronización;

2. secuencias de ecualización;

3. secuencias para la estimación de la relación señal/ruido (S/N); y/o

4. datos de información que el usuario (A, B,...X) desea enviar al equipo de cabecera (1).

8.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 3, caracterizado porque para el canal ascendente, el bloque de arbitraje (5) del equipo de cabecera (1) incluye medios para conceder a cada equipo de usuario (A, B,...X) el ancho de banda más adecuado y de forma variable, ofreciéndole más o menos SLOTS en función de parámetros tales como tamaño a enviar, calidad de servicio pedida (QoS), tipo de información a enviar, relación señal/ruido observada por los equipos de usuario (A, B,...X) en los SLOTS concedidos, u otros, mediante un algoritmo de asignación óptima de SLOTS y comunicando las decisiones tomadas por dicho bloque de arbitraje (5) hacia los equipos de usuario (A, B,...X) mediante mensajes SAM.

- 50 -

9.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según las reivindicaciones 3 y 7,

5 caracterizado porque el método utilizado para comunicar las decisiones sobre la distribución de SLOTS del enlace ascendente tomadas por el bloque de arbitraje (5) del equipo de cabecera (1) es el envío de mensajes de asignación (SAM) por el enlace descendente hacia cada equipo de usuario (A, B,...X) que pueden incluir información sobre uno o varios SLOTS y que se envían periódicamente y siempre un determinado número de muestras antes de los SLOTS a los que se refieren (esto es, los preceden temporalmente), incluyendo al menos:

15 a. el anuncio del equipo o equipos de usuario (A, B,...X) a los que se concede cada SLOT,

b. la indicación del uso que se debe hacer de los símbolos del SLOT,

20 c. el número de símbolos que puede utilizar cada usuario al que se ha concedido parte del SLOT,

d. el número del símbolo a partir del que un usuario puede transmitir por el SLOT,

25 e. la información sobre la modulación que se debe emplear para la transmisión de los datos, preferentemente QPSK o la constelación negociada con el equipo de cabecera (1) para una determinada tasa de error en función de la relación señal/ruido del canal;

pudiendo incluir además:

30 f. la confirmación de recepción de mensajes de petición de recursos MPR;

g. la restricción de acceso a determinados equipos de usuario (A, B,...X),

35 h. la corrección de desvíos en la ventana temporal de transmisión de los equipos de usuario (A, B,...X);

- 51 -

i. información sobre el control de potencia;
j. el tipo y número de datos a enviar por el
SLOT, esto es si debe enviar 0 ó más símbolos de ecuali-
zación, de sincronización, de estimación de la relación
5 señal/ruido y/o de datos de información que desee enviar;

estando preferentemente estos mensajes SAM
codificados con algún sistema extra de protección frente a
errores, tal como códigos de corrección/detección de
errores, diversidad en frecuencia o tiempo, u otros.

10 **10.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y
MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUA-
RIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO
SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 3, caracte-
rizado porque para el canal descendente el bloque de
15 arbitraje (5) realiza la distribución teniendo en cuenta
parámetros tales como la relación señal/ruido (o la
respuesta en frecuencia) que los equipos de usuarios
(A, B,...X) observan en los subcanales, la prioridad del
mensaje, el tiempo de información, u otros; mientras que
20 los usuarios decodifican los encabezamientos enviados por
el enlace descendente y deciden si tienen que tomar los
datos enviados por el mismo subcanal que el encabezamien-
to, a partir de la información de destino incluida en dicho
encabezamiento.

25 **11.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y
MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUA-
RIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO
SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 10, caracte-
rizado porque el bloque de arbitraje (5) puede ordenar, al
30 objeto de acelerar la transmisión del referido paquete, la
utilización de uno o más subcanales adicionales para el
correspondiente envío o el incremento del ancho de banda de
un usuario asignándole más de un subcanal para transmitir
más de un paquete de información a la vez, indicando
35 cualquier de estas decisiones mediante el encabezamiento de

- 52 -

los mensajes enviados.

12.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO
5 SOBRE RED ELÉCTRICA, según las reivindicaciones 10 y 11, caracterizado porque el bloque de arbitraje (5) puede distribuir a los usuarios en los distintos subcanales, tanto en el canal descendente como el ascendente, de forma que se maximice el ancho de banda medio utilizado en cada
10 momento, para lo que se basa en la respuesta en frecuencia que cada usuario (A, B,...X) observa en los distintos subcanales.

13.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO
15 SOBRE RED ELÉCTRICA, según las reivindicaciones 9 a 12, caracterizado porque dicho bloque de arbitraje (5), para los canales ascendente y descendente, utiliza como uno de los criterios de QoS para la asignación de recursos el
20 minimizar la latencia, esto es que cada equipo de usuario (A, B,...X), transmita lo antes posible tras realizar una petición de acceso al enlace ascendente, o que un paquete se transmita desde el equipo de cabecera (1) a un equipo de usuario (A, B,...X) por el enlace descendente
25 lo antes posible.

14.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO
30 SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 3, caracterizado porque el mensaje MPR es un mensaje de control relativamente corto, que informa de si un equipo de usuario (A, B,...X) quiere transmitir datos y opcionalmente sobre el tamaño del bloque de información que quiere enviar y la calidad de servicio demandada, que se transmite por un
35 equipo de usuario (A, B,...X) en diferentes momentos:

- 53 -

a. cuando un mensaje SAM recibido por el equipo de usuario (A, B,...X) ha indicado que un próximo SLOT asignado a dicho equipo es el último de una serie de SLOTS de transmisión de datos, con lo que el equipo de usuario (A, B,...X) utilizará parte del SLOT para enviar el mensaje MPR en caso de que tenga más datos para transmitir,

b. cuando el equipo de usuario (A, B,...X) no tiene más datos que enviar y aún dispone de SLOTS asignados, en cuyo caso el correspondiente mensaje MPR indicará al equipo de cabecera (1) que no le asigne más SLOTS y que reasigne los SLOTS restantes a otros equipos de usuario (A, B,...X),

c. cuando a un equipo de usuario (A, B,...X) se le asigna (mediante un SAM) un SLOT dedicado a la petición de recursos (MPR) de manera que el equipo o equipos de usuario (A, B,...X) que quieran transmitir enviarán su MPR en ese SLOT (utilizando una pequeña parte de él elegida al azar o mediante un algoritmo determinado que tenga en cuenta el tipo de usuario, el tipo de información u otros parámetros); y de manera que el equipo de cabecera (1) detecte las posibles colisiones debidas a que varios equipos de usuario (A, B,...X) coincidan en la misma zona del SLOT en la petición de recursos, resolviéndose dichas colisiones mediante algoritmos conocidos en el estado de la técnica o bien dejando que los equipos de usuario (A, B,...X) retransmitan sus posiciones en posteriores intervenciones, hasta que la competición entre usuarios se haya solucionado.

15.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 3, caracterizado porque dichos SLOTS de POLLING permiten interrogar a un número máximo de usuarios sobre si tienen o no

- 54 -

información a transmitir utilizando un algoritmo de interrogación al objeto de que no sean siempre los mismos equipos de usuario (A, B,...X) los que sean interrogados cuando se supere dicho número máximo, incluyéndose asimismo en el equipo de cabecera (1) medios de clasificación de los equipos de usuario (A, B,...X) en varias categorías dependiendo de la actividad que muestren los usuarios, de forma que para obtener esta información el equipo de cabecera (1) asignará SLOTS de interrogación (POLLING) a los usuarios de los que quiera conocer la actividad, y éstos responderán en las partes del SLOT asociada a ellos cuando tienen información que transmitir.

16.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque cuando un equipo de usuario (A, B,...X) tiene datos para transmitir, espera a que un mensaje SAM anuncie que alguno de los siguiente SLOTS está destinado a POLLING ó MPR, de manera que si recibe un SAM de POLLING se siguen los siguientes pasos:

a. el equipo de usuario (A, B,...X) comprueba ciertos bits en el SAM que le indican si pertenece o no al grupo de usuarios que pueden usar el siguiente SLOT de POLLING;

b. el mensaje SAM indica las posiciones en que el equipo de usuario (A, B,...X) debe contestar a la solicitud de recursos, siendo estas posiciones determinadas por el equipo de cabecera (1) que monitoriza constantemente la relación señal/ruido que el equipo de usuario (A, B,...X) utilizar en ver en las distintas portadoras (6 frecuencias), disponibles para la comunicación ascendente;

c. el SLOT de POLLING se divide en varias zonas válidas que son pequeñas porciones tiempo/frecuen-

- 55 -

cia, y los equipos de usuario (A, B,...X) elegirán la zona indicada por el SAM para evitar la colisión de peticiones;

d. el equipo de usuario (A, B,...X) envía un mensaje POLLING en la zona seleccionada; y

5 e. si dicho POLLING ha sido recibido en el equipo de cabecera (1) el equipo de usuario (A, B,...X) recibiría posteriormente mensajes SAM asignándoles SLOTS; mientras que si no ha sido recibido, el equipo de usuario (A, B,...X) tendrá que esperar a que haya nuevos SAM de
10 POLLING;

mientras que si se recibe el anuncio SLOT de MPR en un SAM, el equipo de usuario (A, B,...X) enviará el mensaje MPR en dicho SLOT donde además de la necesidad de transmitir se indica, preferentemente, el tamaño de la información que se
15 quiere enviar, la prioridad, la QoS exigida, de forma que esta información pueda ser decodificada por el encabezamiento y pueda ser utilizada para optimizar el algoritmo de asignación de SLOTS del árbitro (5); habiéndose previsto que si el equipo de cabecera (1) detecta colisión,
20 comenzará un algoritmo de resolución de colisión o bien dejará que los equipos de usuario (A, B,...X) transmitan su petición en un próximo SLOT de MPR o POLLING (puesto que el árbitro (5) no le otorgará ningún SLOT de transmisión de datos en los próximos SAM).

25 **17.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA,** según las reivindicaciones 2, 10 y 16, caracterizado porque en su transmisión, el equipo de
30 usuario (A, B,...X) sigue las decisiones tomadas por el equipo de cabecera (1) sobre el momento en que transmitir, las portadoras a utilizar, el tipo de modulación, y otros parámetros, mediante el siguiente proceso:

a. tras recibir correctamente la solicitud de
35 transmisión de un equipo de usuario (A, B,...X), el equipo

- 56 -

de cabecera (1) va asignando SLOTS tiempo/frecuencia suficientes a partir de una estimación realizada según la actividad, capacidad de transmisión, calidad de servicio y otros parámetros del equipo de usuario (A, B,...X) que realizó la petición y según la monitorización sobre la relación señal/ruido observada en cada subcanal, siendo el árbitro (5) el encargado de distribuir los SLOTS entre los usuarios que hayan hecho la petición de enviar datos con el algoritmo anteriormente comentado;

b. cuando un equipo de usuario (A, B,...X) detecta, mediante la demodulación y la decodificación del mensaje SAM, que uno o más SLOTS están destinados a él, realiza las siguientes operaciones:

1. comprueba el tipo de cada uno de los SLOTS que se le han asignado y la modulación que tiene que emplear en cada portadora de cada SLOT, siendo el mensaje SAM el encargado de comunicar esta información según lo asignado por el árbitro (5);

2. calcula cuántos bits va a poder transmitir en total (y extrae los datos de su memoria), pudiendo ser datos de información, ecualización, sincronización, estimación de la relación señal/ruido, o cualquier combinación de éstos, tal y como se indica en el mensaje SAM de asignación de SLOTS;

3. espera al símbolo dentro del SLOT en el cual se ha indicado que el usuario puede comenzar su transmisión, y transmite los datos en los símbolos del SLOT que han sido destinados para ello;

4. si alguno de los SLOTS asignado es de tipo diversidad en tiempo y/o frecuencia, el equipo de usuario (A, B,...X) tiene que transmitir la información modulada de forma segura (preferentemente QPSK), y repetida varias veces en frecuencia, es decir, transmitiendo la misma información de la portadora k en k+N, k+2*N, etc., dependiendo de la diversidad empleada y de las portadoras

- 57 -

asignadas, o bien repetida varias veces en varios instantes (diversidad en tiempo);

5. si el SLOT es de tipo POLLING o MPR se realiza el proceso especificado en la reivindicación 16.

5 **18.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 1, caracterizado porque en la referida multiplexación CDMA se incluye
10 el método de "frequency hopping", que si es aplicado a las portadoras consiste en que los equipos de usuario (A, B,...X) en el momento de transmitir, sólo emplean un subgrupo de portadoras, según una secuencia que indica en cada instante las portadoras que se pueden utilizar para
15 enviar información; estando dicha secuencia predefinida y pudiendo ser generada mediante una secuencia pseudoaleatoria cuya semilla se comunica mediante los mensajes SAM; mientras que si dicho método se aplica a los subcanales, la secuencia se emplea para indicar al equipo de usuario (A, B,...X) el subcanal que debe utilizar para transmitir en
20 cada momento.

19.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 3, caracterizado porque los encabezamientos de los paquetes de información enviados por los SLOTS del enlace ascendente están modulados preferentemente con modulaciones con bajas
25 necesidades de relación señal/ruido para su decodificación, preferentemente DPSK (modulación diferencial de fase) y/o QPSK (modulación de fase en cuadratura), junto con códigos de corrección/detección de errores y diversidad en frecuencia (envío de la misma información en distintas portadoras) y/o tiempo (envío de la misma información en instantes
30 diferentes) para aumentar la probabilidad de decodificar
35

- 58 -

correctamente.

20.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según las reivindicaciones 3 y 19, caracterizado porque dichos encabezamientos incluyen toda la información necesaria sobre el correspondiente paquete de información, tal como información del tipo de paquete, la utilización de diversidad en frecuencia y/o en el tiempo, la modulación con que se modula la información del paquete (por ejemplo todas las portadoras en QPSK o cada portadora con la constelación fijada para una determinada tasa de error en función de la relación señal/ ruido del canal después de haberla negociado cada usuario con el equipo de cabecera) y la redundancia de FEC (redundancia producida por el uso de códigos de corrección/detección de errores) con que se protege la información del paquete u otras.

21.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 3, caracterizado porque se incluyen una serie de controles para maximizar la relación señal/ruido de todos los usuarios sin que haya penalización entre usuarios durante la transmisión por permitir acceso múltiple en el mismo símbolo OFDM en el enlace ascendente y transmisión de múltiples paquetes de información simultáneamente por el enlace descendente; siendo estos controles:

a. control de la potencia inyectada por cada equipo de usuario (A, B,...X),

b) control del inventanado temporal de cada equipo de usuario (A, B,...X); y

c. control de la frecuencia de muestreo, esto es, la sincronización en frecuencia de los equipos de

- 59 -

usuario (A, B, X...).

22.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO
5 SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 21, caracterizado porque en dicho control sobre la potencia inyectada, se utiliza un control automático de ganancia y/o una máscara de potencia mediante los que las señales de los equipos de usuario (A, B,...X) que llegan al equipo de
10 cabecera (1) lo hacen con aproximadamente la misma potencia, de manera que se puede trabajar con conversores A/D (analógicos/digitales) de pocos bits sin perder relación señal/ruido en recepción.

23.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO
15 SOBRE RED ELÉCTRICA, según la reivindicación 21, caracterizado porque dicho control de enventanado se utiliza para que las señales de los distintos equipos de usuario (A, B,...X) lleguen al equipo de cabecera (1) al mismo
20 tiempo, esto es, que el comienzo de todos los símbolos OFDM enviados lleguen en la misma ventana temporal al equipo de cabecera (1); realizando este control mediante:

a. un ajuste en lazo abierto que se realiza
25 por el canal descendente, que representa un ajuste grueso del enventanado temporal y en el que cada equipo de usuario (A, B,...X) observa los paquetes que llegan por el canal descendente, de lo que deduce aproximadamente las muestras que tiene que retrasar/adelantar su transmisión para que
30 lleguen al equipo de cabecera (1) en el instante óptimo,

b. un ajuste de lazo cerrado que se realiza por el canal ascendente y por el descendente mediante los mensajes SAM, que representa un ajuste fino de enventanado temporal y en el que el equipo de cabecera (1) detecta
35 y comunica cuántas muestras debe retrasarse/adelantarse el

- 60 -

equipo de usuario (A, B,...X), para alcanzar el instante de transmisión óptimo.

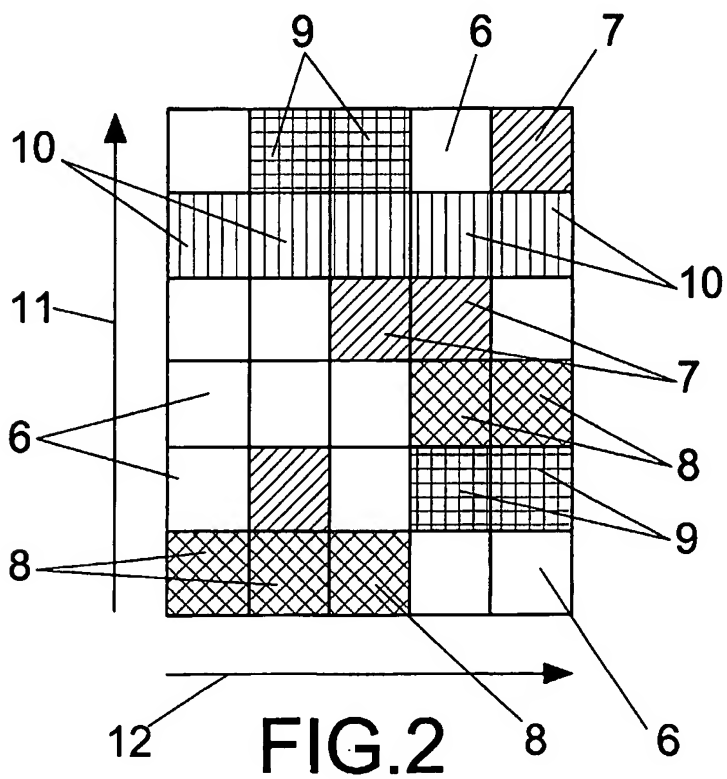
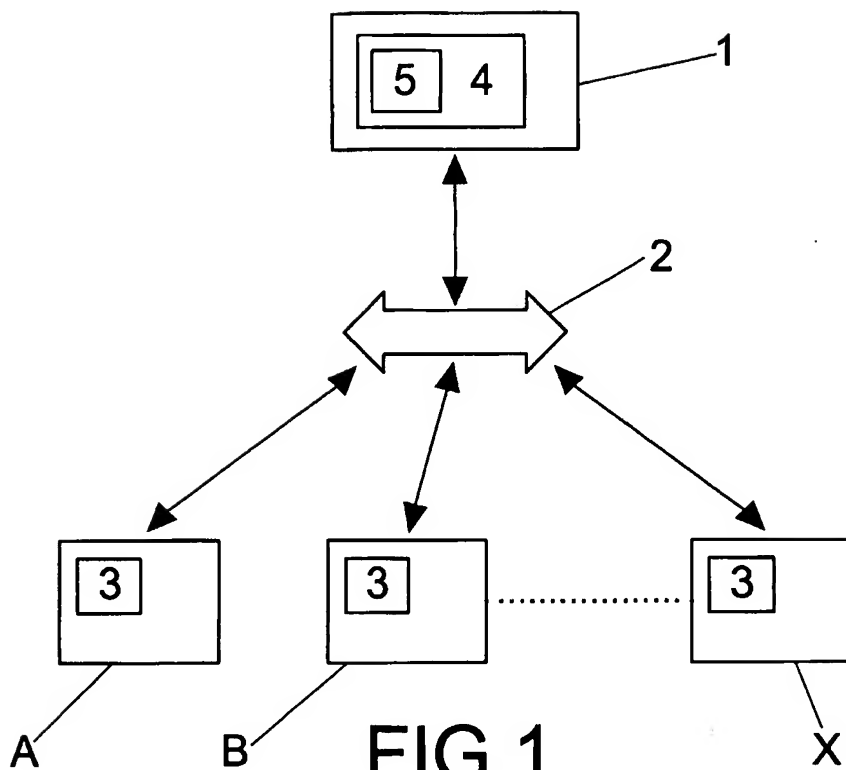
24.- PROCEDIMIENTO DE ACCESO MÚLTIPLE Y MÚLTIPLE TRANSMISIÓN DE DATOS PARA UN SISTEMA MULTIUSUARIO DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE DATOS PUNTO A MULTIPUNTO

5 **SOBRE RED ELÉCTRICA**, según la reivindicación 21, caracterizado porque en dicho control de frecuencia tras una sincronización cada equipo de usuario (A, B,...X) obtiene la frecuencia de muestreo empleada por el equipo de
10 cabecera (1), corrigiéndose a partir de esta obtención la transmisión por el canal ascendente de manera que el error de frecuencia en la recepción del equipo de cabecera (1) sea nulo; empleándose para la corrección de frecuencia en transmisión de los equipos de usuario (A, B,...X) los
15 siguientes métodos:

a. corrección del error residual en las portadoras mediante un rotor, gracias al cual se compensa el giro que sufren cada una de las portadoras (multiplicando las portadoras por una exponencial compleja del
20 ángulo deseado); y

b. corrección de la frecuencia de muestreo gracias a un elemento corrector de frecuencia (que podría consistir en un remuestreador en la parte de tratamiento digital del sistema, y/o en un oscilador variable o VCXO
25 en la parte analógica), considerando que si los correspondientes relojes son suficientemente precisos no es necesario utilizar dicho elemento corrector en frecuencia, sino que bastaría simplemente con corregir el error residual en las portadoras con el rotor referido anteriormente.
30

1/3



13		A		C	
14		A	B	C	
15			B		D
16			B		

FIG.3

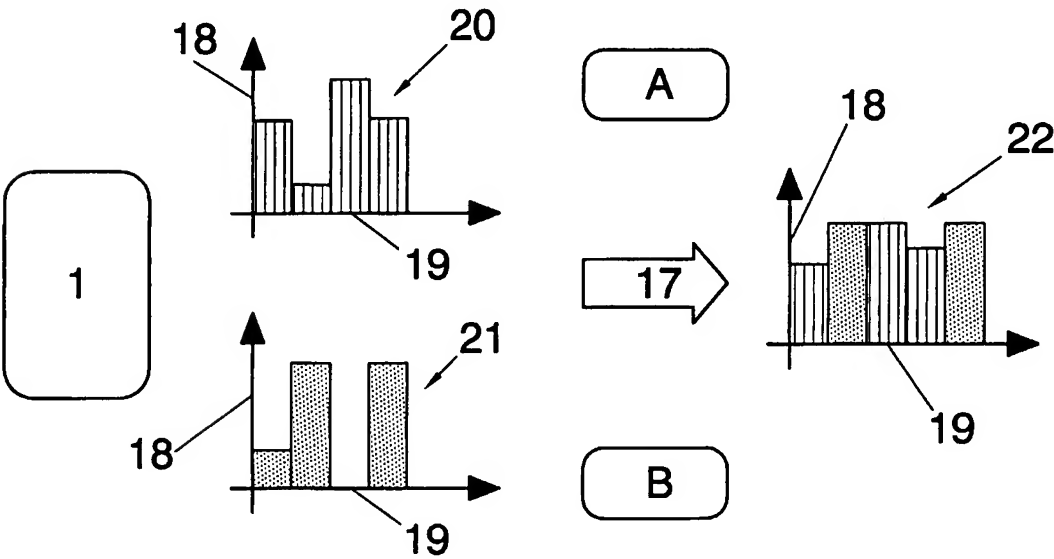


FIG.4

3/3

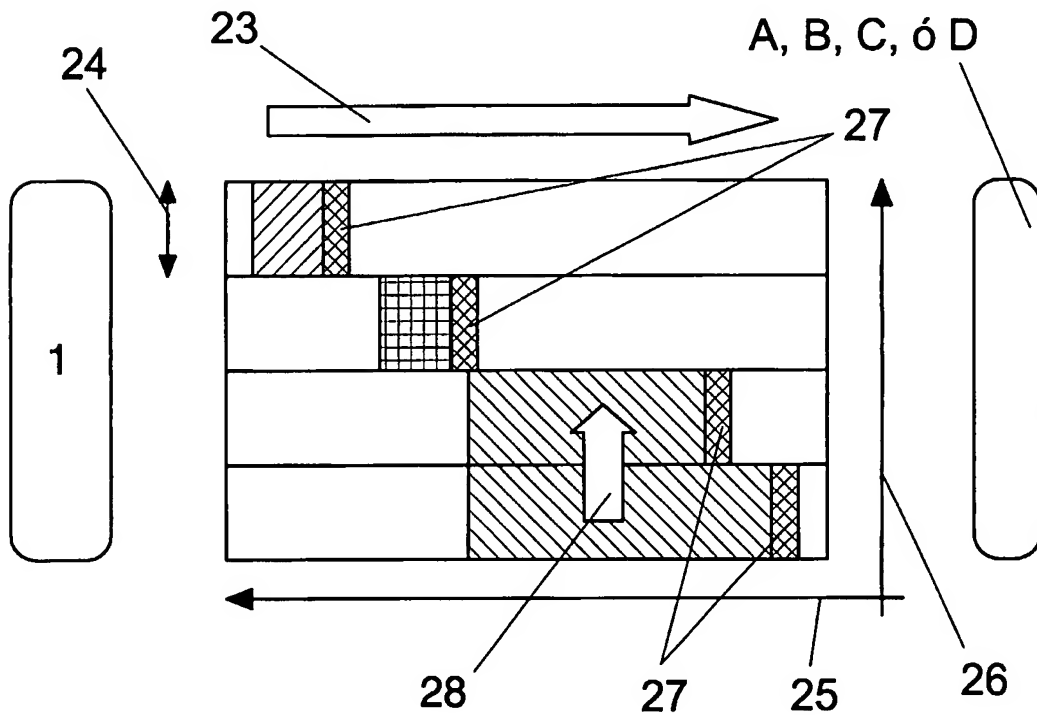


FIG.5

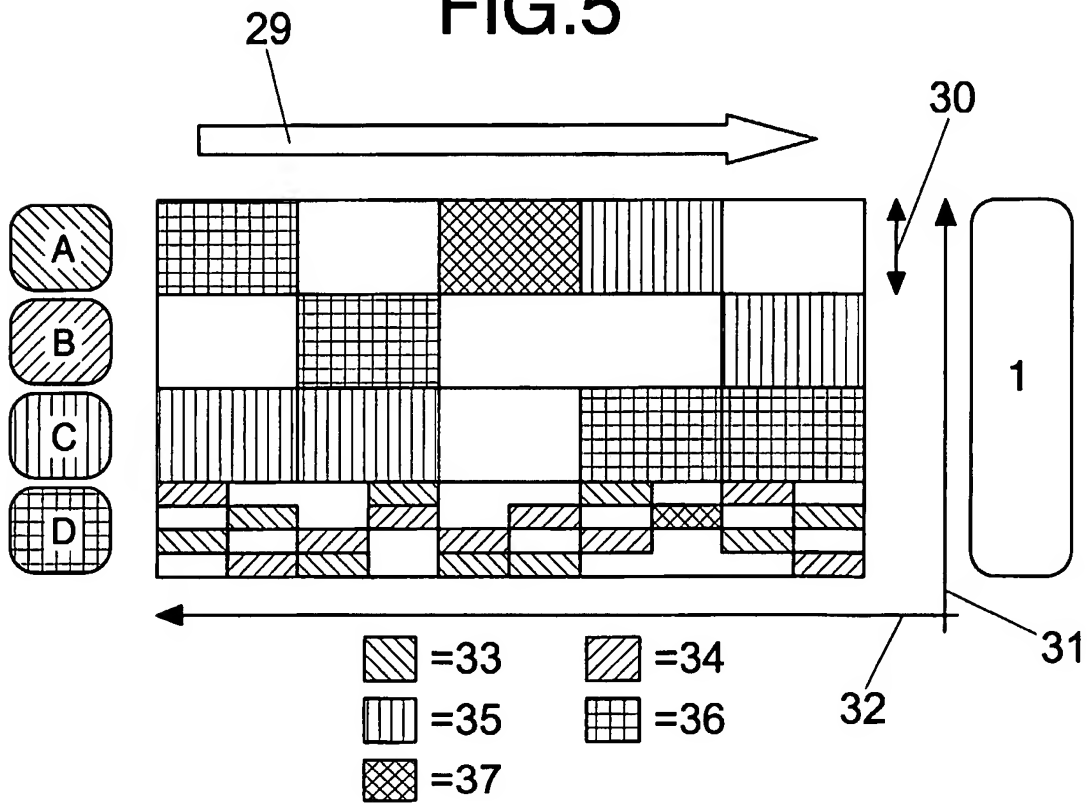


FIG.6